



TESIS- RE142541

**STUDI PEMANFAATAN DATA NO₂DARI SATELIT
OMI (OZONE MONITORING INSTRUMENT)
UNTUK PEMBUATAN MODEL NO₂ AMBIEN DAN
PENGUNAAN LAHAN**

**TRIO BAGOES DARMAWAN
3313201205**

**DOSEN PEMBIMBING
DR. ENG. ARIE DIPAREZA, ST., MEPM**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS- RE142541

**STUDY OF UTILIZATION SATELLITE DATA NO₂
OMI (OZONE MONITORING INSTRUMENT) FOR A
NO₂ AMBIEN MODEL AND LAND USE**

**TRIO BAGOES DARMAWAN
3313201205**

**SUPERVISOR
DR. ENG. ARIE DIPAREZA, ST., MEPM**

**MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Trio Bagoes Darmawan

NRP. 3313201205

Tanggal Ujian : 28 Juni 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui Oleh :

1. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM

(Pembimbing)

NIP : 198201192005011001

3. Dr. Ir. M. Razif, MM

(Penguji)

NIP : 195305021981031004

3. Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T

(Penguji)

NIP : 196505081993031001

4. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

(Penguji)

NIP : 196601161997031001

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD

NIP. 196012021987011001

**Studi Pemanfaatan Data NO₂ Dari Satelit OMI (Ozone
Monitoring Instrument) Untuk Pembuatan Model NO₂ Ambien
Dan Penggunaan Lahan**

Nama Mahasiswa : Trio Bagoes Darmawan

NRP : 3313201205

Jurusan : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza, ST., MEPM

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara konsumtif di Asia Tenggara, terutama di sektor transportasi dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah berkembang pesat, terutama di daerah perkotaan, yang di Jakarta dan Surabaya. Permintaan untuk kendaraan bermotor juga menyebabkan polusi meningkat yang dihasilkan dari gas buang. Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan salah satu produk dari pembakaran kendaraan bermotor gas. Di Indonesia saat ini untuk melakukan pemantauan kualitas udara sulit, karena itu digunakan bantuan satelit untuk dapat menentukan pola gasnitrogen dioksida (NO₂). Dalam penelitian ini kami menggunakan satelit OMI (Ozone Monitoring Instrument) untuk dapat membaca pola Nitrogen Gas dioksida (NO₂), yang akan dibantu menggunakan program ArcGIS untuk membaca hasil konsentrasi dari satelit yang membentuk gambar. Untuk validasi data akan diambil dari hasil citra satelit dalam bentuk pixel warna dengan hasil konsentrasi udara ambien dari stasiun pemantauan di Jakarta dan Surabaya, yang akan divalidasi menggunakan model regresi linier. Validasi data yang digunakan dalam model regresi ini linear (148 data). Hasil model regresi linear $R^2=0.4923$ untuk kota Jakarta dan $R^2=0.4325$ untuk kota Surabaya.

Kata Kunci : NO₂, OMI (ozone monitoring instrument), ArcGis

Study Of Utilization Satellite Data NO₂ OMI (Ozone Monitoring Instrument) For A NO₂ Ambien Model And Land Use

By : Trio Bagoes Darmawan

NRP : 3313201205

Departement : Teknik Lingkungan

Supervisor : Dr. Eng. Arie Dipareza, ST., MEPM

ABSTRACT

Indonesia is one of the consumptive state in Southeast Asia, especially in the transport sector with the increasing number of motor vehicles in Indonesia growing rapidly, especially in urban areas, which is in Jakarta and Surabaya. demand for motor vehicles also cause increased pollution resulting from the exhaust gases. Nitrogen dioxide (NO₂) is one of the products of combustion gas motor vehicles. In Indonesia at this time to conduct air quality monitoring difficult, therefore we use the help of satellites to be able to determine the pattern of gas Nitrogen dioxide (NO₂). In this study we use satellites OMI (Ozone Monitoring Instrument) to be able to read patterns Gas Nitrogen dioxide (NO₂), which will be assisted using ArcGIS program to read the results of the concentration of satellites that make up the picture. For the validation of the data will be drawn from the results of satellite imagery in the form of color pixels with the results of ambient air concentrations from monitoring stations in Jakarta and Surabaya, which will be validated using a linear regression model. Validation of the data used in this linear regression model (148 data). The result of a linear regression model $R^2 = 0.4923$ for the city and $R^2 = 0.4325$ for the city of Surabaya.

Key Phrase : NO₂, OMI (ozone monitoring instrument), ArcGis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Kata Pengantar	ii
Daftarisi	iii
DaftarTabel	v
DaftarGambar	vi
BAB 1Pendahuluan.....	1
1.1 LatarBelakang	1
1.2 Rumusanmasalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 RuanglIngkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TinjauanPustaka.....	5
2.1 PencemaranUdara	5
2.2 Nitrogen Dioksida (NO ₂)	6
2.2.1 Karakteristik NO ₂	6
2.2.2 SumberdanDistribusi NO ₂	9
2.2.3 DampakPencemaran NO ₂	10
2.2.4 Fotokimia	11
2.3 StabilitasAtmosfer, KecepatandanArah angina	12
2.3.1 Parameter sumbergaris.....	13
2.3.2 StabilitasPasquill.....	14
2.4 Model kualitasudara.....	14
2.4.1 Model Dispersi Gaussian	14
2.4.2 Model Box	15
2.4.3 Model Numerik.....	16
2.4.4 Model Regresi Linear.....	16
2.5 Satelit OMI.....	19

2.6 Program Arcgis	21
2.6.1 Sumber data spasial	21
2.6.2 OperasisederhanaArcgis	22
2.7 Data StasiunPantau	27
2.8 UjiAnovaSatuarah	28
BAB 3 MetodePenelitian	31
3.1 KerangkaPenelitian.....	31
3.2 DasarPenentuan Wilayah Studi	33
3.3 TahapanStudi	33
BAB 4 Hasil dan Pembahasan	37
4.1 Pengambilan data.....	37
4.1.1 StasiunPemantauKualitasudara	37
4.1.2 Rekapitulasi data stasiunpemantaukualitasudara.....	38
4.1.3 Data Sattelite OMI.....	40
4.2 Analisis Data.....	45
4.2.1 AnalisaKorelasi NO ₂ di SPKU danSatelit OMI	45
4.2.2 AnalsaPengaruhPerubahanMusimTerhadapKonsentrasi NO ₂	50
4.2.2.1 UjiAnovaPada SPKU	50
4.2.2.2 UjiAnovapadaKonsentrasi NO ₂ Satelit OMI.....	54
4.2.3 AnalisaPengaruhPerubahanFungsiLahanterhadapPersebaran gas NO ₂	58
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....	77
DaftarPustaka	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 SpesifikasiSatelit OMI.....	19
Tabel 4.1 LokasiStasiunPemantauKualitasudara	37
Tabel 4.2 Rekapitulasi data stasiunpemantaukualitasudara	39
Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Satelit OMI	43
Tabel 4.5 Rekapitulasi data Berdasarkan Pixel di Surabaya.....	45
Tabel 4.6 Rekapitulasi Data berdasarkan pixel di Jakarta	47
Tabel 4.6 HasilValidasi.....	49
Tabel 4.7 UjAnovaPadaStasiun SUF1	51
Tabel 4.8 HasilUjiAnovauntuk SPKU di Surabaya dan Jakarta	52
Tabel 4.9 Rata-rata nilai SPKU	54
Tabel 4.10 HasilUjiAnovapadaSatelit OMI.....	55
Tabel 4.11 HasilUjiAnovaKonsentrasi NO ₂ Stasiun OMI.....	57
Tabel 4.12 Rata-Rata Konsentrasi NO ₂ Stasiun OMI.....	57
Tabel 4.13 HasilRekapitulasiPerubahanfungslahandaritahun 2012-2015	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Nitrogen	7
Gambar 2.2 GrafikSuhuudara berdasarkanKetinggian.....	7
Gambar 2.3 GrafikKetinggianLapisaninversiAtmosfer	8
Gambar 2.4 KoefisienDispers Horizontal y Stabilitas.....	13
Gambar 2.5 KoefisienDispersi Horizontal x Stabilitas	13
Gambar 2.6 Model Box Standar	15
Gambar 2.7 Pembagianruang	16
Gambar 2.8 Pembagianruang model dalamkota.....	16
Gambar 2.9 GambarGrafikRegresi.....	18
Gambar 2.10 Besar pixel Satelit OMI	20
Gambar 2.11 LuasPengindraanJauhSatelit OMI	20
Gambar 2.12 TampilanDasarArcGis	23
Gambar 2.13 Tampilan Icon DasarArcgis.....	23
Gambar 2.14 Input file pada program Arcgis.....	24
Gambar 2.15 Contoh tampilan peta pada program Arcgis	25
Gambar 2.16 Titik Koordinat Peta pada program Arcgis.....	26
Gambar 3.1 KerangkaPenelitian.....	32
Gambar 3.2 LokasiPenelitian	33
Gambar 4.1 HasilPencitraanSatelit OMI	41
Gambar 4.2 HasilPenentuanlokasi di Kota Surabaya	42
Gambar 4.3 HasilPenentuanlokasi di Kota Jakarta	42
Gambar 4.4 Korelas Data NO ₂ di SPKU dan Citra Satelit OMI Kota Surabaya	48
Gambar 4.5 Korelas Data NO ₂ di SPKU dan Citra Satelit OMI Kota Jakarta	49
Gambar 4.6 Grafikpolakonsentrasi SPKU.....	51
Gambar 4.7 GrafikPolaKonsentrasi NO ₂ Kolom	55
Gambar 4.8 DigitasiPerubahanfungsilahantahun 2012 Kota Surabaya.....	59
Gambar 4.9 Perubahanfungsilahandengancitrasatelit OMI tahun 2012 Kota Surabaya.....	59

Gambar 4.10 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2013 Kota Surabaya	60
Gambar 4.11 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2013 Kota Surabaya.....	61
Gambar 4.12 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2014 Kota Surabaya	62
Gambar 4.13 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2014 Kota Surabaya.....	62
Gambar 4.14 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2015 Kota Surabaya	63
Gambar 4.15 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2015 Kota Surabaya.....	64
Gambar 4.16 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2012 Kota Jakarta	65
Gambar 4.17 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2012 Kota Jakarta	65
Gambar 4.18 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2013 Kota Jakarta	67
Gambar 4.19 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2013 Jakarta	67
Gambar 4.20 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2014 Kota Jakarta	69
Gambar 4.21 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2014 Kota Jakarta	69
Gambar 4.22 Digitasi Perubahan fungsi lahan tahun 2015 Kota Jakarta	71
Gambar 4.23 Perubahan fungsi lahan dengan citra satelit OMI tahun 2015 Kota Jakarta	71
Gambar 4.24 Grafik Rasio Perubahan fungsi lahan.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu Negara konsumtif di Asia Tenggara, terutama di sektor transportasi, yang memang semakin meningkat karena pertumbuhan kendaraan bermotor yang sangat pesat terutama di daerah perkotaan. Sumber polusi udara rata-rata tersebar di kota-kota besar di Indonesia, antara lain Jakarta dan Surabaya. Kota-kota besar tersebut sudah memiliki inventarisasi emisi dari sumber pencemaran udara yang ada.

Pencemaran udara merupakan salah satu faktor besar terhadap penurunan kualitas udara di perkotaan. Menurut Colls (2002), pencemaran udara terjadi ketika udara mengandung gas, debu, asap atau bau dalam jumlah yang berbahaya. Pencemaran udara telah menjadi masalah serius karena dampaknya yang sangat merugikan bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Nana *et al.*, 2012). Dalam beberapa tahun terakhir pencemaran udara menjadi masalah serius karena peningkatan gas polutan yang sangat pesat setiap harinya (Zhou *et al.* (2015). Di lingkungan Perkotaan Konsentrasi NO_2 Memiliki Variabilitas Spasial dan Temporal yang tinggi dikarenakan umur hidup troposfer yang pendek akibat dari berbagai macam faktor (G, Kuhlman *et al.*, 2014).

Gas polutan terdiri atas lima polutan primer yaitu SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} , dan PB , serta polutan sekunder yakni ozon (O_3) (Cooper, 2002). Penelitian ini menggunakan NO_2 karena menurut Gurjar *et al.* (2010), emisi NO_2 lebih besar dihasilkan dari kendaraan bermotor. Wang *et al.* (2009) menambahkan bahwa NO_2 memiliki kontribusi besar terhadap polutan udara dari sumber jalan atau garis. NO_2 merupakan gas berwarna coklat dan dapat memberikan efek negatif bagi manusia dan lingkungan. Barman *et al.* (2010) menjelaskan bahwa NO_2 berkontribusi pada masalah hati dan paru-paru serta berpengaruh pada penyebaran kanker. Sutanto dan Iryani (2011) menambahkan bahwa NO_2 merupakan salah satu polutan penting yang menyebabkan hujan asam.

NO_2 adalah variabel kimia yang menentukan kualitas udara, Hal Ini mempengaruhi kesehatan manusia secara langsung, maupun tidak langsung melalui

peningkatan konsentrasi ozon (Godowitch et al., 2008), Gas NO₂ bertindak sebagai katalis dalam pembentukan ozon (Knowlton et al., 2004)

Remote Sensing adalah Citra penginderaan jauh dari berbagai macam pesawat ruang angkasa dan udara sensor memberikan sejumlah besar data tentang permukaan bumi untuk analisis secara global dan rinci untuk mendeteksi perubahan dan pemantauan yang ada di permukaan bumi. (Curlander and Kober, 1992)

Menurut Zhang *et al* (2009) data emisi yang di modelkan yaitu dari emisi hasil pencemaran yang dapat diambil dari stasiun pantau di beberapa kota di Indonesia. Stasiun pantau yang akan dianalisa berada di kota Jakarta dan Surabaya.. Menurut Akimoto. (2003), Penginderaan Jauh dengan menggunakan satelit untuk mengetahui persebaran gas dan aerosol telah dikembangkan untuk aplikasi kualitas udara, Saat ini cakupan global NO₂ yang berada di troposfer hanya dapat diperoleh dari pengamatan satelit.

Kedua satelit OMI NO₂ produk standar NASA adalah *Standart Product* (SP) (Bucsela et al., 2006, 2013) dan produk Belanda OMI NO₂ (DOMINO) (Boersma et al., 2007, 2011) yang keduanya tersedia dalam versi kedua mereka (SP2 dan DOMINO-2). (*Ozone Monitoring Instrument*) OMI adalah pencitraan gambar spectrometer dari satelit dengan cakupan data secara harian untuk mengetahui kualitas udara di permukaan bumi. (Boersma et al, 2004). (*Ozone Monitoring Instrument*) OMI merupakan salah satu dari 4 instrument dari EOS-Aura Satelit NASA, yang diluncurkan pada 15 July 2004 (Schoeberl et al., 2006). Satelit (*Ozone Monitoring Instrument*) OMI digunakan untuk mendapatkan inversi algoritma untuk mengambil jumlah kolom ozon dari Gas NO₂, SO₂, HCHO, BrO dan OCIO . Penggunaan Data remote sensing Satelit OMI telah berkembang pesat bagi para analisis data di seluruh dunia, antara lain untuk komputasi statistik dan grafis, merupakan bahasa pemrograman fungsional yang baik dan secara umum cocok untuk pemrograman ilmiah (Boersma et al, 2011). Teknik Pencitraan Satelit dari (*Ozone Monitoring Instrument*) OMI menggunakan foto dari troposfer untuk mengukur NO₂ dengan cara Vertical Column Density (VCD) (Boersma et al., 2004), teknik ini juga digunakan oleh Satelit lain antara lain, OMI, SCHIAMACY (Burrows et al., 1999; Bovensmann et al., 1999)

1.2 Rumusan Masalah

Saat ini belum ada analisa gas NO₂ di kawasan Jakarta dan Surabaya salah satu metode untuk mengetahui sebaran gas NO₂ di kawasan Jakarta dan Surabaya adalah dengan melalui analisa data remote sensing dari citra satelit *OMI*. Sehingga permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah

- Bagaimana mendapatkan korelasi antara nilai konsentration NO₂ di Stasiun Pemantau Udara Di Kota Surabaya dan Jakarta dengan nilai dispersi gas NO₂ dari intensitas warna dari citra satelit *OMI* yang diolah menggunakan aplikasi *ArcGIS*.
- Bagaimana mengetahui pengaruh perubahan musim terhadap pola Konsentrasi gas NO₂ di Kota Surabaya dan Jakarta
- Bagaimana mengetahui pengaruh perubahan fungsi lahan terhadap kualitas udara NO₂ di Kota Surabaya dan Jakarta

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

- Mendapatkan Model NO₂ Ambien di Stasiun Pemantau Udara Di Kota Surabaya dan Jakarta dengan nilai dispersi gas NO₂ dari intensitas warna dari citra satelit *OMI* yang diolah menggunakan aplikasi *ArcGIS*
- Mengetahui pengaruh perubahan musim dan lahan terhadap pola Konsentrasi Gas NO₂ di Kota Surabaya dan Jakarta
- Mengetahui pengaruh perubahan fungsi penggunaan lahan terhadap kualitas udara NO₂ di Kota Surabaya dan Jakarta

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam tugas akhir ini adalah :

1. Lokasi penelitian yaitu di lokasi stasiun pemantau udara yang tersebar di Indonesia antara lain Surabaya dan Jakarta.
2. Parameter pencemar udara yang digunakan adalah nitrogen dioksida (NO₂).
3. Penggunaan Program *ArcGIS* untuk Pemetaan Persebaran NO₂.

4. Data sekunder didapatkan dari data satelit *Ozone Monitoring Instrument* (OMI) pada situs <http://www.temis.nl> yang merupakan data bulanan selama 4 tahun terakhir.
5. Data primer berupa data nilai konsentrasi dari beberapa stasiun pantau yang tersebar di 2 kota di Indonesia (Surabaya dan Jakarta) selama 4 tahun terakhir.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan menghasilkan manfaat sebagai informasi bagi peneliti lain dan dapat menganalisa sebaran gas NO₂ di area Jakarta dan Surabaya dengan menggunakan data remote sensing dari sensor OMI secara tepat dan akurat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

1.6 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah kehadiran materi baik itu fisik, kimia atau biologi di atmosfer yang tidak diinginkan di udara yang ditimbulkan oleh sumber-sumber alami ataupun kegiatan manusia dalam jumlah cukup besar sehingga dapat memberikan efek yang berbahaya (Nevers, 2000). Materi-materi yang tidak diinginkan tersebut dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup, mengganggu estetika dan kenyamanan, menyebabkan kerusakan lingkungan.

Pencemaran udara merupakan suatu masalah besar di kebanyakan kota di dunia. Hal ini disebabkan terutama oleh adanya energi yang digunakan di dalam transportasi dan industri meski kontribusi alam juga menyokong melalui kejadian seperti letusan gunung berapi dan kebakaran hutan. Di banyak negara berkembang seperti Indonesia, konsentrasi bahan pencemar udara yang berasal dari kegiatan transportasi dan industri meningkat sebagai suatu konsekuensi terhadap meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil. Selain itu ada tingkat pencemaran udara juga dipengaruhi dari sector energy, antara lain eksploitasi sumber mineral dengan cara merubah fungsi lahan dengan melakukan penebangan hutan.

Kegiatan perkotaan yang meliputi sektor transportasi, industri dan perdagangan, permukiman, dan sektor penunjang lainnya merupakan kegiatan yang potensial dalam merubah kualitas udara perkotaan. Pembangunan fisik kota dengan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor, mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan, yang merupakan salah satu sumber pencemar udara.

Dampak Pencemaran Udara antara lain berakibat buruk terhadap kesehatan, terutama pada paru-paru, penyakit yang paling umum dijumpai adalah ISPA (infeksi saluran pernafasan atas). Selain berdampak pada kesehatan, pencemaran udara juga berdampak pada tanaman terutama di daerah perkotaan yang memang dibutuhkan hutan kota sebagai penyeimbang dari pencemaran udara.

1.7 Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida merupakan polutan yang dihasilkan setelah proses pembakaran. Pada saat nitrogen dioksida ada, nitrogen oksida juga ditemukan yang merupakan gabungan dari NO dan NO₂ yang mengacu kepada pembentukan nitrogen oksida (NO_x). Di udara, N₂O bereaksi dengan atom oksigen membentuk NO, dan NO kemudian akan memecah ozon. Beberapa nitrogen dioksida terbentuk secara alami di atmosfer oleh petir dan beberapa dihasilkan oleh tanaman, tanah dan air. Namun, hanya sekitar 1% dari jumlah total nitrogen dioksida yang ditemukan di udara kota-kota kita 'dibentuk dengan cara ini (Colls, 2002).

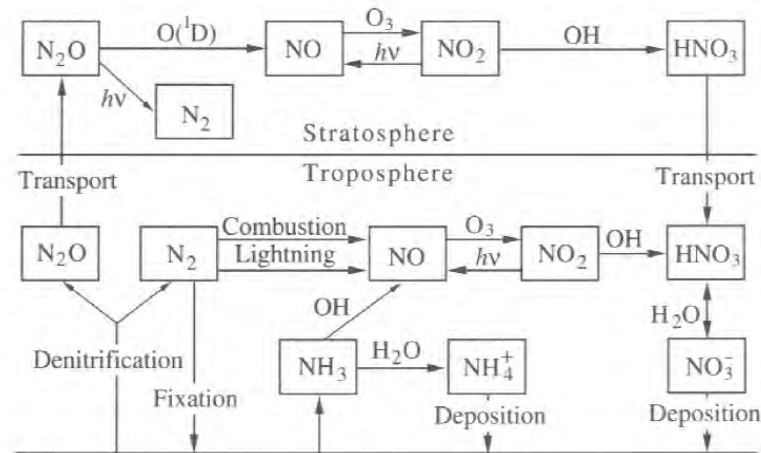
1.7.1 Karakteristik NO₂

Pada Umumnya Sifat gas NO₂ adalah berwarna dan berbau, sedangkan pada gas NO mempunyai karakteristik tidak berwarna, tidak flammable (tidak mudah meledak) dan tidak berbau. Warna gas NO₂ adalah merah kecokelatan dan berbau tajam menyengat hidung. NO₂ merupakan oksidator kuat sehingga bersifat lebih toksik dibandingkan NO, Apabila dihirup terasa sedikit aroma dan rasa manis

Volume Udara terdiri sekitar 80% volume gas nitrogen dan 20% volume gas oksigen. Pada suhu kamar kedua gas ini hanya mempunyai sedikit kecenderungan untuk bereaksi satu sama lain. Pada suhu yang lebih tinggi (di atas 1210 °C) keduanya dapat bereaksi membentuk nitric oksida dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan polusi udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210-1765 °C dengan adanya udara, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dalam proses pembakaran (Brimblecombe, 1986).

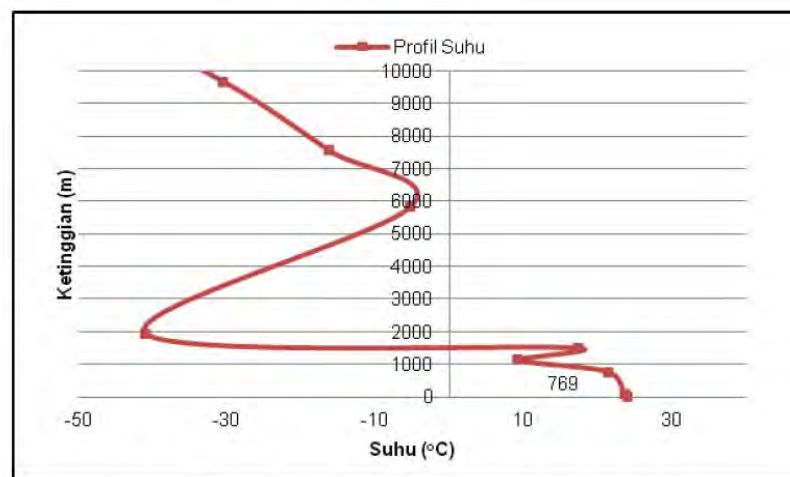
Nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen oksida (NO) yang biasanya disebut sebagai nitrogen oksida adalah jejak gas dalam atmosfer Bumi, yakni berada di lapisan troposfer dan stratosfer. Mereka memasuki atmosfer sebagai akibat dari kegiatan antropogenik (pembakaran bahan bakar fosil dan pembakaran biomassa) dan proses alami (seperti proses mikrobiologis di tanah, kebakaran hutan dan terbentuknya petir). 95% dari emisi NO_x adalah NO. Selama siang hari, dengan adanya sinar matahari, siklus fotokimia yang melibatkan ozon (O₃) dapat

mengkonversi NO menjadi NO₂, sehingga NO₂ menjadi parameter dari konsentrasi nitrogen oksida (Solomon 1999).



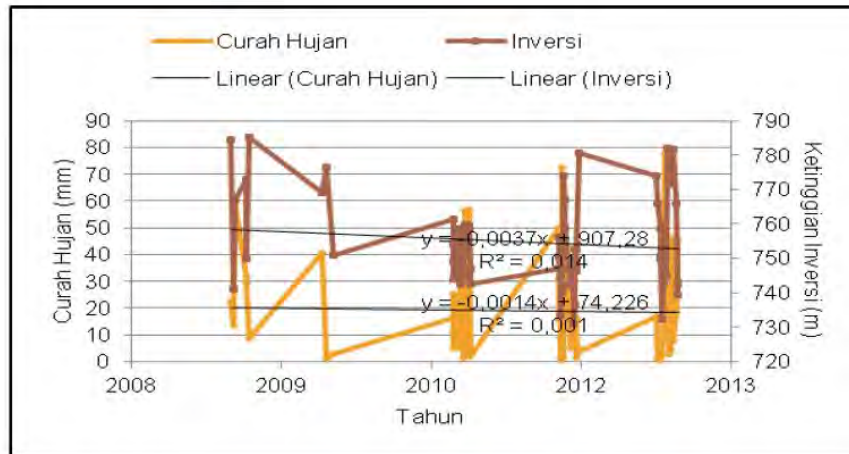
Gambar 2.1 Siklus Nitrogen di Atmosfer (Seinfeld, 1986)

Siklus NO₂ pada atmosfer terbatas hingga ketinggian tertentu. Menurut Sari N. K., et al (2015), dispersi polutan (SO₂, NO₂ dan O₃) terbatas sampai ketinggian lapisan inversi atau *mixing height*. Pergerakan polutan akan terhenti hingga lapisan tersebut, sehingga terperangkap dan mengendap dipermukaan yang dapat berdampak negatif bagi kehidupan di permukaan.



Gambar 2.2 Grafik suhu udara berdasarkan ketinggian di atmosfer
(Sari N. K., et al, 2015)

Sari N. K., et al (2015) menerangkan bahwa lapisan inversi ini terletak antara 731 hingga 785 meter diatas permukaan tanah, dimana lapisan udara yang lebih hangat berada diatas lapisan udara yang lebih dingin. Pada ketinggian 1200 hingga 1500 meter diatas permukaan, lapisan ini akan mendispersikan kembali.



Gambar 2.3 Grafik ketinggian lapisan inversi Atmosfer (Sari N. K., et al, 2015)

Reaksi pembentukan gas NO_2 dari NO dan O_2 terjadi dalam jumlah relatif kecil, meskipun dengan adanya udara berlebih. Hal ini berbeda dengan reaksi pembentukan CO_2 dari CO dan O_2 , dimana kelebihan udara akan mengakibatkan pembentukan CO_2 secara cepat. Pembentukan NO_2 yang lambat ini disebabkan kecepatan reaksi sangat dipengaruhi oleh suhu dan konsentrasi NO . Reaksi pembentukan NO_2 berlangsung lebih lambat pada suhu yang lebih tinggi. Pada suhu 1100°C jumlah NO_2 yang terbentuk biasanya kurang dari 0,5% dari total NO_x . Kecepatan reaksi pembentukan NO_2 dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen dan kuadrat dari konsentrasi NO . Hal ini berarti jika konsentrasi NO bertambah menjadi dua kalinya maka kecepatan reaksi akan naik menjadi empat kalinya, dan jika konsentrasi NO berkurang menjadi setengahnya. NO yang dikeluarkan ke udara luar bersama-sama dengan gas buangan lainnya akan mengalami pendinginan secara cepat dan terencerkan sebanyak 100 kalinya (Seinfeld, 1986).

1.7.2 Sumber dan Distribusi NO₂

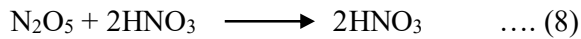
Konsentrasi NO_x di udara di daerah perkotaan, terutama di daerah industri biasanya 10-100 kali lebih tinggi daripada di udara daerah pedesaan. Konsentrasi NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO_x, emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin. Dari seluruh jumlah oksigen nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil (Colls, 2002)

Kadar NO_x di udara di dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor. Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut (Depkes, 2008) :

1. Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO₂ tetap stabil dengan kadar sedikit lebih tinggi.
2. Pada Saat aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO ikut meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.
3. Pada saat terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet kadar NO₂ (sekunder) kadar NO₂ pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
4. Kadar ozon meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1 ppm.
5. Apabila intensitas sinar matahari menurun terutama pada sore hari hingga malam hari (jam 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali.
6. Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO₂ (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O₃ yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO₂ dan penurunan kadar O₃.
7. Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat didalam air hujan atau debu.

Mekanisme utama pembentukan asam nitrat dari NO_2 di udara masih terus dipelajari.

8. Kemungkinan lain pembentukan HNO_3 didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon pada kadar NO_2 maksimum O_3 memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut diatas masih terus dibuktikan kebenarannya, tetapi yang penting adalah bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO_3 yang kemudian bereaksi membentuk partikel-partikel.

1.7.3 Dampak Pencemaran NO_2

Gas nitrogen oksida (NO_x) ada dua macam , yakni gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO_2). Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO_2 bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali jika gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada system saraf yang mengakibatkan kejang-kejang (Barman *et al*, 2010). Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat menyebabkan kelumpuhan. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh oksigen sehingga menjadi gas NO_2 .

Pada konsentrasi tinggi, dimana mungkin hanya dialami pada kecelakaan industri yang fatal, paparan NO_2 dapat mengakibatkan kerusakan paru-paru yang berat dan cepat. Pengaruh kesehatan mungkin juga terjadi pada konsentrasi ambient yang jauh lebih rendah seperti pada pengamatan selama peristiwa polusi di kota. Bukti yang didapatkan menyarankan bahwa penyebaran ambien kemungkinan

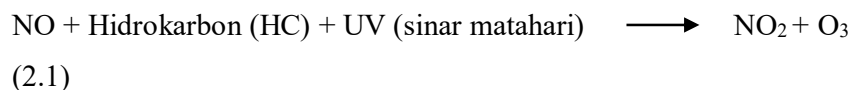
akibat dari pengaruh kronik dan akut, khususnya pada sub-grup populasi orang yang terkena asma.

NO₂ terutama berkelakuan sebagai agen pengoksidasi yang kemungkinan merusak membran sel dan protein (Seinfeld, 1986). Pada konsentrasi tinggi, saluran udara akan menyebabkan peradangan yang akut. Ditambah lagi, penyebaran dalam waktu-singkat berpengaruh terhadap peningkatan resiko infeksi saluran pernapasan. Meskipun banyak pengontrolan penyebaran yang dilakukan, fakta secara jelas mendefinisikan hubungan antara konsentrasi atau dosis dan umpan baliknya tidaklah cukup.

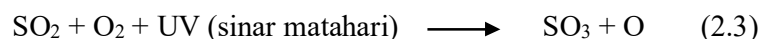
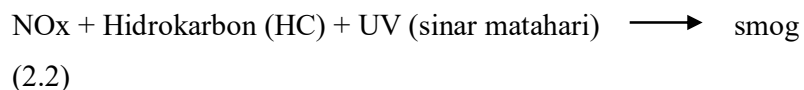
1.7.4 Fotokimia

Reaksi fotokimia adalah serangkaian reaksi yang kompleks yang terjadi di atmosfer dengan bantuan radiasi sinar matahari. Salah satu reaksi utama fotokimia adalah reaksi pembentukan O₃ (ozon) yang merupakan oksidan fotokimia utama (Djoko, 2004)

Reaksi simultan fotokimia yang kompleks yang terjadi di atmosfer adalah sebagai berikut,



NO₂ dapat bereaksi dengan senyawa organik untuk menghasilkan peroxyacyl nitrat (PAN), atau dengan hidrokarbon dengan bantuan sinar matahari akan menghasilkan smog(smoke and fog),



1.8 Stabilitas atmosfer, Kecepatan dan arah Angin dan Suhu

Penyebaran polutan di udara sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi kecepatan dan arah angin. Menurut Seinfeld (1986), masalah pencemaran udara berkaitan erat dengan faktor meteorologi, terutama dalam hal perpindahan polutan dari sumber ke penerima. Kecepatan dan arah angin menunjukkan daerah yang paling tercemar oleh polutan.

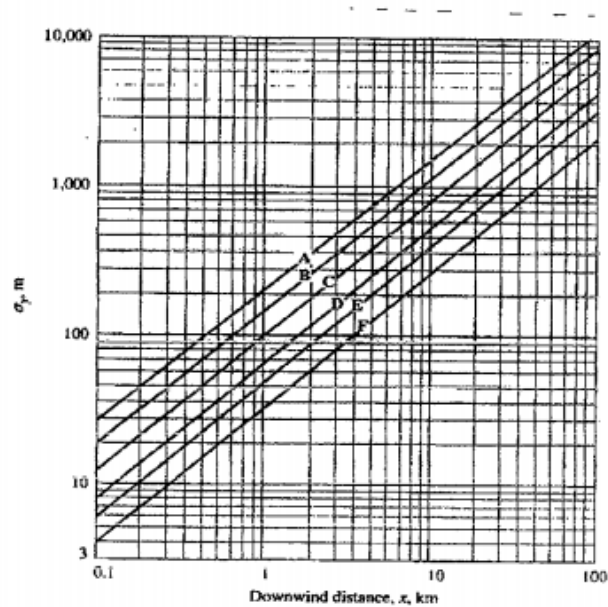
Angin merupakan udara yang bergerak sebagai akibat perbedaan tekanan udara antara daerah yang satu dengan lainnya. Perbedaan pemanasan udara menyebabkan naiknya gradien tekanan horizontal, sehingga terjadi gerakan udara horizontal di atmosfer. Pada sebuah daerah, efek sirkulasi angin terjadi tiap jam, tiap hari dan dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda. Distribusi frekuensi dari arah angin menunjukkan daerah mana yang paling tercemar oleh polutan. Salah satu hal penting dalam meramalkan penyebaran zat pencemar adalah mengetahui arah dan penyebaran zat pencemar.

Pada siang hari, turbulensi dan pergerakan vertikal sangat besar akibat pengaruh dari sinar matahari sehingga menyebabkan variasi kecepatan angin akan kecil karena adanya transfer energi yang besar antara berbagai lapisan atmosfer. Sedangkan pada malam hari, pergerakan angin vertikal sangat rendah sehingga terjadi hal yang sebaliknya (Colls, 2002).

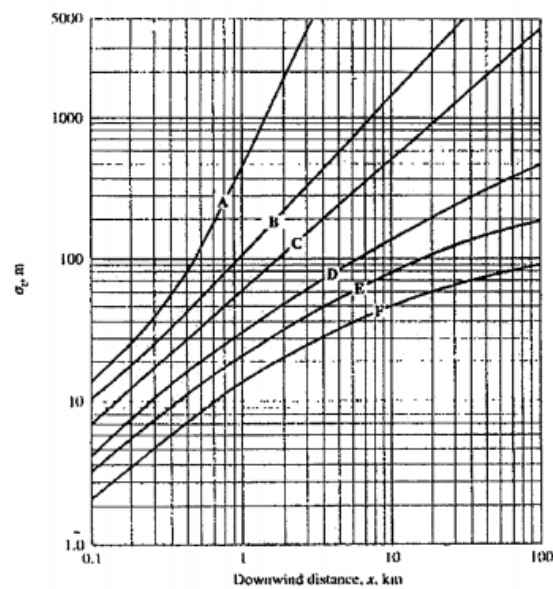
Informasi meteorologi yang biasa disebut *wind rose* merupakan diagram yang menggambarkan perubahan arah dan kecepatan angin pada waktu dan kawasan tertentu (Wark dan Warner, 1981). *Wind rose* umumnya berbentuk lingkaran yang terdiri dari bagian pusat yang menunjukkan informasi kejadian *calm wind*, sejumlah garis yang ditarik dari pusat lingkaran yang mewakili arah mata angin dan mengarah sesuai dengan arah dari mana angin berhembus, panjang setiap garis yang menyatakan frekuensi angin dari arah yang bersangkutan, serta variasi kecepatan angin yang diwakili oleh bentuk-bentuk garis yang digambarkan dalam legenda dari *wind rose* tersebut. *Calm wind* merupakan kecepatan angin yang berada di bawah ambang batas sensor arah atau kecepatan angin. Karena kondisinya yang *calm*, membuat pengukuran arah tidak berguna sehingga *calm wind* didistribusikan merata ke seluruh arah mata angin.

1.8.1 Parameter-Parameter dispersi sumber garis

Pada model dispersi terdapat parameter koefisien dispersi atau standar deviasi sebaran arah y dan x.



Gambar 2.4 Koefisien dispersi horizontal y sebaga fungsi dari jarak titik bagian hilir arah angin untuk berbagai kelas stabilitas



Gambar 2.5 Koefisien dispersi horizontal x sebaga fungsi dari jarak titik bagian hilir arah angin untuk berbagai kelas stabilitas

Parameter y dan x difungsikan dari jarak yang ditempuh oleh polutan yang berjalan dari sumbernya searah dengan arah angin. Pada gambar 2.1 dan gambar 2.2 dapat ditunjukkan nilai x dan y yang valid untuk range $100 \text{ m} < x < 10 \text{ km}$ (Nevers, 2000)

1.8.2 Stabilitas Pasquil

Pengaruh umum dari variable lingkungan terhadap stabilitas dapat diringkas sebagai berikut :

- Pada siang hari tak berawan, radiasi matahari akan memanaskan permukaan tanah pada siang hari, membuat lapisan udara terbawah menjadi tidak stabil.
- Pada malam hari tak berawan, radiasi panas gelombang panjang dari permukaan bumi akan mendinginkan permukaan bumi membuat lapisan udara menjadi stabil dan menciptakan ground level inversion

2.4 Model Kualitas Udara

2.4.1 Model Dispersi Gaussian

Polutan diemisikan dari setiap sumber yang tersebar pada atmosfer melalui proses transport massa polutan dan transformasi kimiawi. Transport polutan terjadi melalui proses yang terdiri dari adveksi dan dispersi. Sedangkan transformasi kimiawi terjadi di alam berupa proses fotokimia. Proses transport polutan di atmosfer terjadi dalam tiga dimensi (koordinat x, y, z) baik secara horizontal dengan arah angin (adveksi) maupun vertikal ke arah lapisan atmosfer.

Adveksi adalah proses transport bahan pencemar udara karena ada proses meteorologi yaitu adanya angin. Dispersi adalah proses penyebaran polutan yang dapat terjadi bahkan pada kondisi tidak adanya angin sekalipun. Dispersi melakukan proses transportasi dengan adanya proses difusi molekuler, dimana pencemar menyebar di udara karena adanya perbedaan konsentrasi dan proses turbulensi senyawa polutan di udara.

Transformasi fotokimia adalah proses fisika kimia yang mengubah gas yang diemisikan menjadi zat polutan yang membahayakan. Reaksi ini utamanya

dipengaruhi oleh naiknya temperatur dan adanya radiasi matahari. Zat dominan dari proses fotokimia adalah O_3 (ozon).

Model dispersi gaussian memperhitungkan faktor adveksi yaitu kecepatan angin, dispersi turbulen dan stabilitas atmosfer. Model dispersi gauss berguna untuk mengestimasi distribusi konsentrasi kualitas udara dimana data-data pengukuran atau monitoring jumlahnya sangat terbatas. Model ini berguna untuk memprediksi konsentrasi untuk masa yang akan datang atau pada lokasi dimana data pengukuran belum ada.

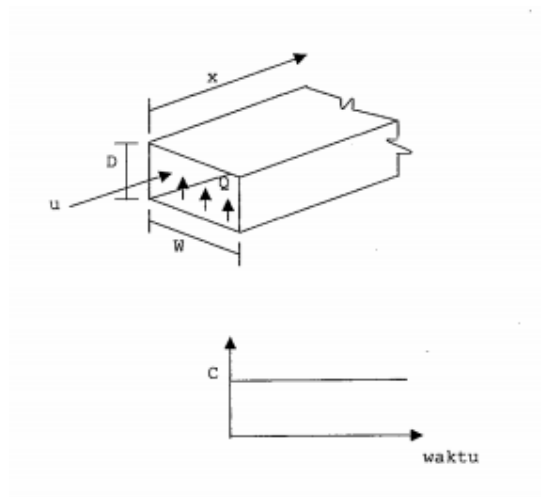
2.4.2 Model Box

Model box mengasumsikan bahwa polutan diemisikan dalam box dengan volume tertentu yang dibatasi pada bagian atas dan samping. Udara ditransportasikan masuk ke dalam volume dengan kecepatan rata-rata u , dan polutan diasumsikan di keseluruhan volume box. Konsentrasi polutan direlasikan terhadap Q yang dapat dilihat pada persamaan berikut,

$$C_j = \frac{Q_j}{uWD}$$

Dimana,

- C_j = konsentrasi polutan spesies j , g/m^3
- U = kecepatan angin yang diasumsikan konstan, m/s
- W = lebar box normal terhadap arah angin, m
- Q_j = laju emisi polutan j , g/s

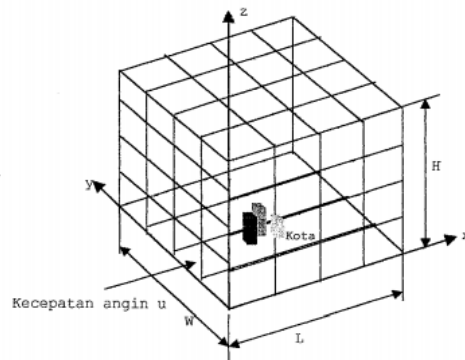


Gambar 2.6 Model box standar

Model box cukup akurat untuk dilakukan pada sumber ground level yang terdistribusi pada area kecil. Model box mendemonstrasikan secara grafis bahwa polutan diinjeksikan ke dalam dan bercampur pada volume tertentu dari udara. Kasus yang lebih khusus pada model box adalah kasus dimana kecepatan angin adalah nol dan konsentrasi polutan diijinkan untuk terus bertambah di dalam box. Model box dapat diterapkan untuk mengestimasi kualitas udara untuk situasi dimana kecepatan angin nol dan dispersi dibatasi.

2.4.3 Model Numerik

Model numerik adalah model yang dapat mengestimasi kualitas udara ambient suatu area yang berasal dari emisi sumber area dan adanya reaksi fotokimia. Metode ini menggunakan cara membagi-bagi sel seperti pada gambar 2.4. masing-masing sel dilakukan perhitungan secara terpisah dengan menggunakan metode numerik yang menggunakan bantuan pemrograman komputer yang dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 2.5.



Gambar 2.7 Pembagian ruang diatas kota ke dalam sel

2.4.4 Model Regresi Linear

Model regresi linier merupakan suatu model yang parameternya linier (bisa saja fungsinya tidak berbentuk garis lurus), dan secara kuantitatif dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya. Analisis regresi menyangkut studi tentang hubungan antara satu variabel Y yang disebut variabel tak bebas atau variabel yang dijelaskan (dependend variable) dan satu atau lebih variabel X_1, X_2, \dots, X_p , yang disebut variabel bebas atau variabel penjelas (independent variable) (Gujarati dan porter, 2009). Menurut (Levin & Rubin,

1998), regresi digunakan untuk menentukan sifat-sifat dan kekuatan hubungan antara dua variabel yang belum diketahui dengan didasarkan pada observasi masa lalu terhadap variabel tersebut dan variabel-variabel lainnya. Namun, meskipun analisis regresi saling bergantung antar variabelnya, namun hal tersebut tidak selalu memiliki sebab akibat.

Regresi linier mempunyai persamaan yang disebut sebagai persamaan regresi. Persamaan regresi mengekspresikan hubungan linier antara variabel tergantung/ variabel kriteria yang diberi simbol Y dan salah satu atau lebih variabel bebas / prediktor yang diberi simbol X jika hanya ada 1 prediktor dan X_1 , X_2 sampai dengan X_k , jika terdapat lebih dari satu prediktor (Crammer & Howitt, 2006:139). Jika garis regresi digambarkan, dapat dilihat pada *gambar 2.3*. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

- Persamaan regresi dimana Y merupakan nilai yang diprediksi, maka persamaannya ialah:

$$Y = a + \beta_1 X_1 \text{ (untuk regresi linier sederhana)} \quad \dots\dots\dots 1$$

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \text{ (untuk regresi linier berganda)} \quad \dots\dots\dots 2$$

- Untuk persamaan regresi dimana Y merupakan nilai sebenarnya (observasi), maka persamaan menyertakan kesalahan (*error term/ residual*) akan menjadi:

$$Y = a + \beta_1 X_1 + e \text{ (untuk regresi linier sederhana)} \quad \dots\dots\dots 3$$

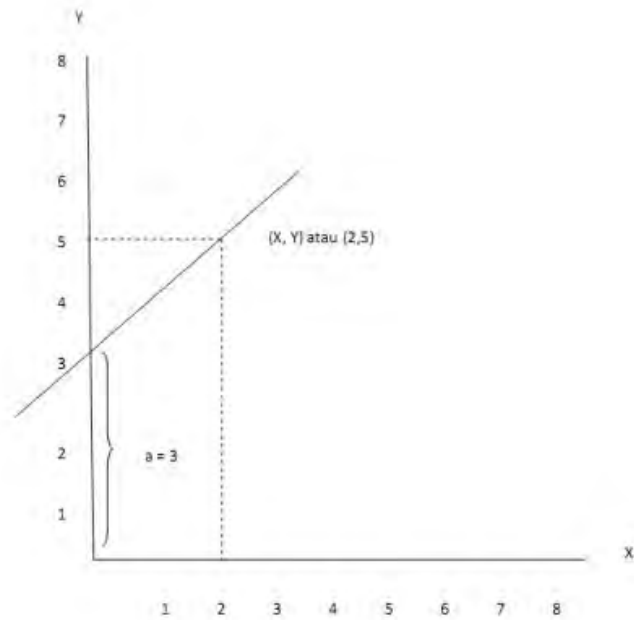
$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \text{ (untuk regresi linier berganda)} \quad \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

X = merupakan nilai sebenarnya suatu kasus (data)

β = merupakan koefisien regresi jika ada satu prediktor dan koefisien regresi parsial jika terdapat lebih dari satu prediktor. Nilai ini juga mewakili koefisien regresi baku (*standardized*) dan koefisien regresi tidak baku (*unstandardized*). Koefisien regresi ini merupakan jumlah perubahan yang terjadi pada Y yang disebabkan oleh perubahan nilai X. Untuk menghitung perubahan ini dapat dilakukan dengan cara mengkalikan nilai prediktor sebenarnya (observasi) untuk kasus (data) tertentu dengan koefisien regresi prediktor tersebut.

a = merupakan intercept yang merupakan nilai Y saat nilai prediktor sebesar nol



Gambar 2.9 Contoh gambar grafik regresi (Crammer & Howitt, 2006)

Tujuan Menggunakan Analisis regresi ialah :

- Membuat estimasi rata-rata dan nilai variable tergantung dengan didasarkan pada nilai variable bebas
- Menguji hipotesis karakteristik dependensi
- Untuk meramalkan nilai rata-rata variable bebas dengan didasarkan pada nilai variable bebas diluar jangkauan sampel

Penggunaan regresi linear sederhana didasarkan pada asumsi diantaranya sbb :

- Model regresi harus linier dalam parameter
- Variabel bebas tidak berkorelasi dengan disturbance term (error)
- Nilai disturbance term sebesar 0 atau dengan symbol sebagai berikut :
 $(E(U/X) = 0$
- Variasi untuk masing – masing error term (kesalahan) konstan
- Tidak terjadi otokorelasi

- Model regresi dispesifikasi secara benar. Tidak terdapat bias spesifikasi dalam model yang digunakan dalam analysis empiris.
- Jika vairabel bebas lebih dari satu, maka antara variable bebas tidak ada hubungan linear yang nyata

1.5 Satellite OMI

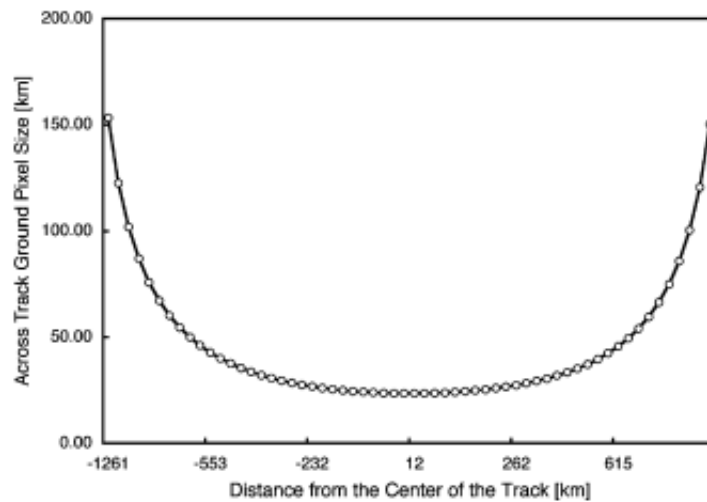
(*Ozone Monitoring Instrument*) OMI merupakan salah satu dari 4 instrument dari EOS-Aura Satelit NASA, yang diluncurkan pada 15 July 2004 (Schoeberl et al., 2006). OMI dibangun oleh Dutch Space dan TNO TPD di Belanda bekerjasama dengan Finlandia VTT dan Patria Advanced Solution Ltd The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) adalah Principal Investigator Institute. tanggung jawab keseluruhan untuk misi OMI terletak pada Belanda untuk Program Aerospace (NIVR) dengan partisipasi dari Meteorologi Finlandia Institute (FMI). Satelit OMI mengukur radiasi matahari yang terlihat dalam bagian spektral yang berkisar antara 270 dan 500 nm, menggunakan dua teleskop dengan resolusi spektral sekitar 0,5 nm. Kinerja penuh dan spektral pada panjang gelombang rentang jarak spektral sampling dan resolusi spektral dapat ditemukan pada Tabel 2.1. Tabel 2.1 juga memberikan gambaran gas yang dapat diambil dari pengukuran OMI.

Tabel 2.1 Spesifikasi Satelite OMI (Ozone Monitoring Instrument)

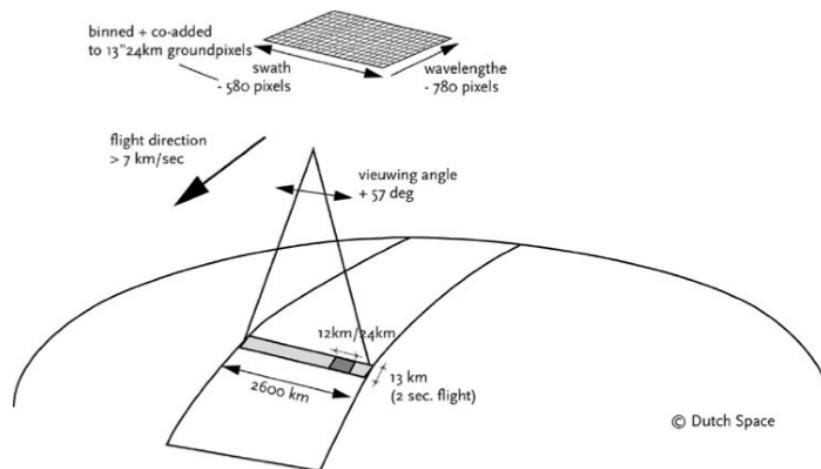
Channel	Total range	Full performance range	Average Spectral resolution (FWHM)	Average Spectral sampling distance	Data products
UV-1	270 – 314 nm	270 – 310 nm	0.42 nm	0.32 nm/pixel	O ₃ profile, O ₃ column (TOMS), Surface UV-B
UV-2	306 – 380 nm	310 – 365 nm	0.45 nm	0.15 nm/pixel	O ₃ profile, O ₃ column (TOMS & DOAS), BrO, OCIO, SO ₂ , HCHO, Aerosol, Surface UV-B, Surface Reflectance, cloud top pressure, cloud cover
VIS	350 – 500 nm	365 – 500 nm	0.63 nm	0.21 nm/pixel	NO ₂ , Aerosol, OCIO, Surface UV-B, Surface Reflectance, cloud top pressure, cloud cover

Dilihat dari Spesifikasi Satelit OMI, Cakupan terbesar OMI diperoleh dari resolusi spasial yang tinggi, dikombinasikan dengan cakupan global yang didapatkan secara harian. Resolusi spasial OMI belum dilakukan sebelumnya untuk instrumen satelit UV / VIS. titik nadir penunjuk teleskop dari OMI memiliki jarak pandang yang sangat besar pandang 114 °, yang digunakan untuk menentukan arah dan jarak pandang dari satelit. Karena jarak pandang yang luas sekitar 114 °, Luas

Area yang dapat ditangkap OMI 2600 km, dengan waktu orbit 14 orbit per hari. Satelit OMI, beroperasi pada ketinggian 705 km dan melintasi khatulistiwa pada saat sekitar 1:45 waktu lokal. Satelit OMI memberikan informasi kolom NO₂ (dalam satuan molekul / cm²) pada resolusi nominal 13 × 24 km (di titik nadir) pada skala global setiap harinya (Hyoung J, Petros K., 2014).



Gambar 2.10 Besar Pixel Satelit OMI Jika Diukur dari Posisi Satelit



Gambar 2.11 Luas Pengindraan Jauh Satelit OMI

Satelit OMI memiliki karakteristik algoritma dalam melakukan pencitraan, ada 5 teknik yang digunakan antara lain : TOMS (Ozone Column, Gas SO₂), DOAS (O₃, NO₂, O₂-O₂ (Cloud Pressure), HCHO, OCIO dan BrO), metode yang paling optimal (Ozone profil), Raman Scattering (Cloud Pressure), dan pengambilan citra satelit

berdasarkan perubahan pantulan atas gelombang panjang rentang (aerosol) (Piternel et al., 2006).

1.6 Program *ArcGIS*

ArcGIS adalah salah satu software yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam software GIS yang berbeda seperti GIS desktop, server, dan GIS berbasis web. Software ini mulai dirilis oleh ESRI pada tahun 2000. Produk utama dari ArcGIS adalah ArcGIS desktop, dimana arcGIS desktop merupakan software GIS professional yang komprehensif dan dikelompokkan atas tiga komponen yaitu: ArcView (komponen yang fokus ke penggunaan data yang komprehensif, pemetaan dan analisis), ArcEditor (lebih fokus ke arah editing data spasial) dan ArcInfo (lebih lengkap dalam menyajikan fungsi-fungsi GIS termasuk untuk keperluan analisis geoprocesing)(Hiller, 2007).

GIS merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer yang dimanfaatkan untuk mengolah dan menyimpan data informasi geografis (Stan, 1989). Sebagian besar data yang ditangani dalam GIS merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (*spasial*) dan informasi deskriptif (*attribute*) yang dijelaskan sebagai berikut:

- a. Informasi lokasi (*spasial*), berkaitan dengan suatu koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
- b. Informasi deskriptif (*attribute*) atau informasi *non spasial*, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya, contohnya: jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya

1.5.1 Sumber-Sumber Data Spasial

Beberapa sumber data yang dapat dijadikan dalam menggunakan SIG antara lain:

- a. **Peta Analog**, Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah dan sebagainya) yaitu peta dalam bentuk cetak. Pada umumnya peta analog

dibuat dengan teknik kartografi, kemungkinan besar memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya.

- b. **Data Sistem Penginderaan Jauh**, Data Penginderaan Jauh (antara lain citra satelit, foto-udara dan sebagainya), merupakan sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediaanya secara berkala dan mencakup area tertentu. Dengan adanya bermacam-macam satelit di ruang angkasa dengan spesifikasinya masing-masing, kita bisa memperoleh berbagai jenis citra satelit untuk beragam tujuan pemakaian. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format raster.
- c. **Data Hasil Pengukuran Lapangan**, Data pengukuran lapangan yang dihasilkan berdasarkan teknik perhitungan tersendiri, pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut contohnya: batas administrasi, batas kepemilikan lahan, batas persil, batas hak pengusahaan hutan dan lain-lain.
- d. **Data GPS (Global Positioning System)**, Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor. Pembahasan mengenai GPS akan diterangkan selanjutnya

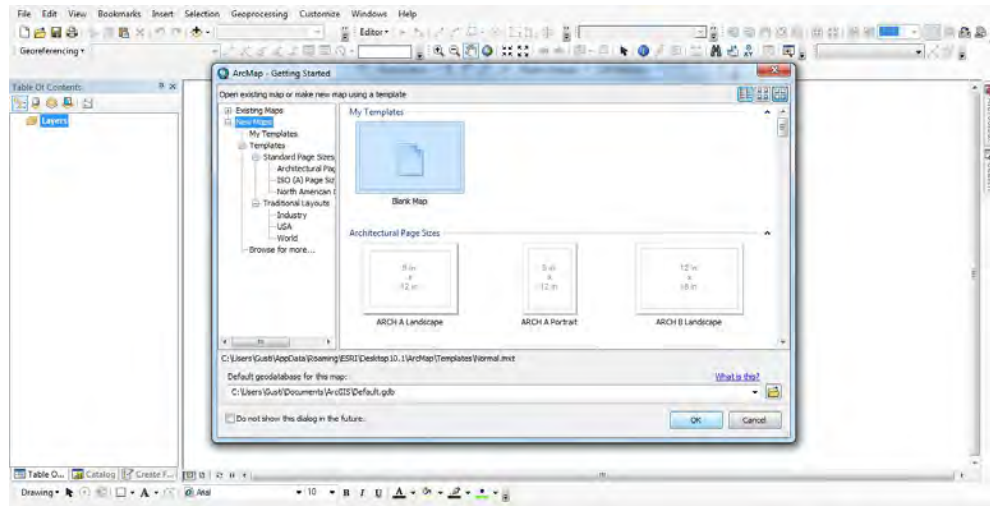
1.6.2 Operasi Sederhana Arc Gis

Membuka dan memulai software ArcGIS sama halnya dengan penggunaan software pada umumnya. Untuk tahap penggunaannya antara lain adalah sebagai berikut:

- **Membuka Data Spasial atau Peta yang Telah Ada dengan ArcMap**

Setelah software ArcGIS telah terinstal, maka dapat dibuka dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi ArcGis pada windows
2. Untuk memulai pertama, maka pilih blank map kemudian OK. Dalam kondisi lain, dapat memilih file eksisting yang diperlukan untuk membuka software Arc GIS.



Gambar 2.12 Tampilan Dasar ArcGis

Beberapa icon dasar yang dibutuhkan antara lain:

Icon	Nama	Fungsi
	Zoom In	untuk memperbesar tampilan view dengan mengklik pada daerah yang akan diperbesar.
	Zoom Out	untuk memperkecil tampilan view dengan mengklik pada daerah yang akan diperkecil.
	Fixed Zoom In	untuk memperbesar tampilan view terhadap pusat view.
	Fixed Zoom Out	untuk memperkecil tampilan view terhadap pusat view.
	Pan - Move	memindahkan dan menggeser peta atau tampilan dengan tidak mengganti skala view.
	Full Extents	memperbesar seluruh tampilan peta atau view pada layar.
	Go to Previous / Next Extents	untuk kembali pada tampilan sebelumnya / sesudahnya.

Gambar 2.13 Tampilan Icon Dasar Arcgis

3. ArcGIS sendiri terdiri atas 5 aplikasi dasar yakni:

ArcMap, merupakan aplikasi utama yang digunakan dalam ArcGIS yang digunakan untuk mengelolah (membuat, menampilkan, memilih, editing, dan composing dan publishing peta).

ArcCatalog, merupakan aplikasi yang berfungsi untuk mengatur/mengorganisir berbagai macam data spasial yang

digunakan dalam pekerjaan SIG. Fungsi ini meliputi tool untuk menjelajah, mengatur, membagi dan menyimpan dokumen data-data SIG.

ArcToolbox, terdiri atas kumpulan aplikasi yang berfungsi sebagai tools/perangkat dalam melakukan berbagai macam analisis keruangan.

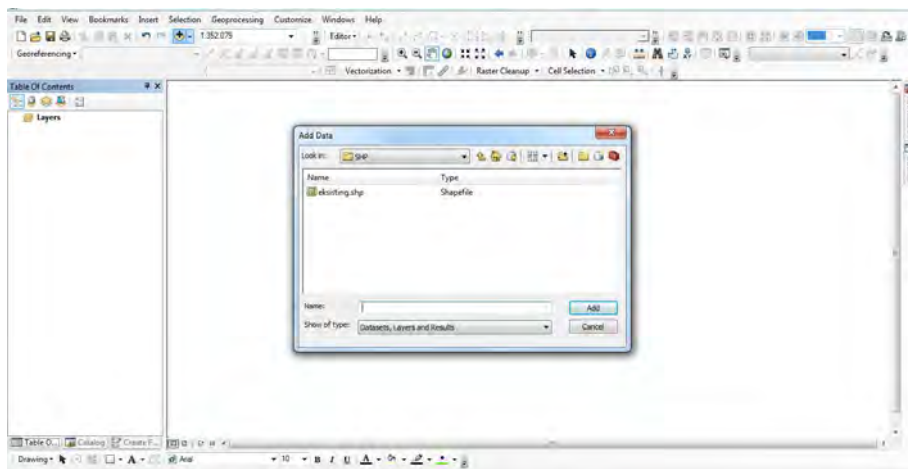
ArcGlobe, berfungsi untuk menampilkan peta-peta secara 3D ke dalam bola dunia dan dapat dihubungkan langsung dengan internet.

ArcScene, merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengolah dan menampilkan peta-peta kedalam bentuk 3D.

- **Input Peta**

Cara bekerja ArcGIS adalah berdasarkan koordinat, sehingga ia mampu menampilkan peta hingga seluruh dunia dengan lokasi berdasarkan titik koordinat yang dimilikinya masing-masing. Untuk menampilkan peta pada software ArcGIS dengan tahapan sebagai berikut:

1. Klik icon “add data”

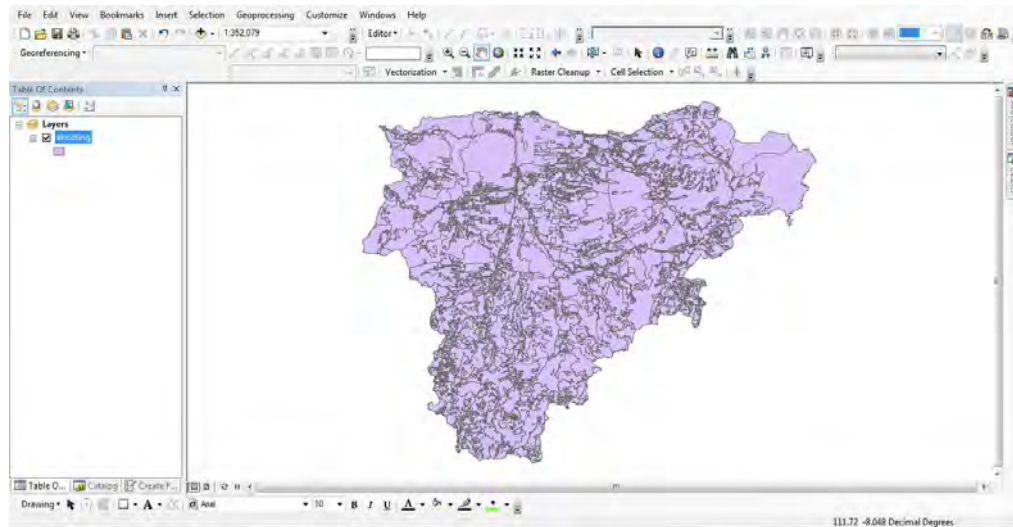


Gambar 2.14 Input file pada program Arcgis

2. Pilih lokasi tempat anda menyimpan file shp, kemudian pilih “eksisting” file dan klik **Add**.

Akan muncul notifikasi *Unknown Spatial References* namun cukup di klik OK. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa belum dilakukan pengaturan terhadap titik koordinat peta.

3. Akan tampil contoh peta sebagai berikut:



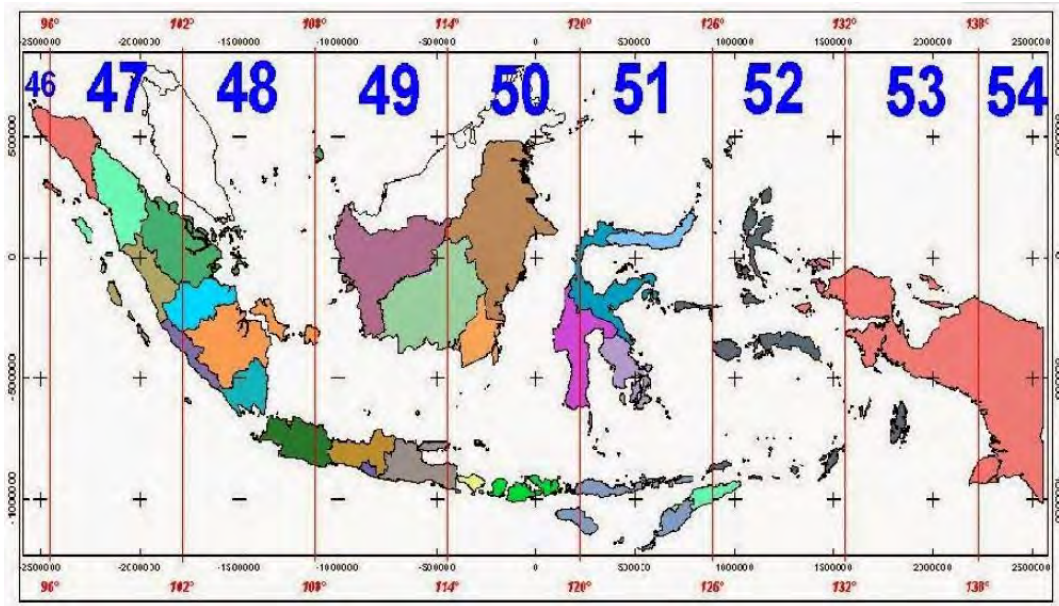
Gambar 2.15 Contoh tampilan peta pada program Arcgis

Pada kolom sisi kanan akan muncul peta, sedangkan pada kolom *Table of Content* akan muncul daftar “eksisting” yang menunjukkan halaman kerja yang sedang ditampilkan adalah shp eksisting. Demikian jika pada peta terdapat banyak file shp, maka pada pada kolom *Table of Content* juga akan muncul banyak nama-nama file shp nya.

4. Agar file peta kita sesuai dengan aturan titik koordinat yang berlaku, maka perlu kita sesuaikan. Berdasarkan ketentuan UTM yang berlaku, maka Lokasi Peta disesuaikan dengan letak koordinat pada UTM WGS 49S, sehingga perlu diatur dengan cara sebagai berikut:

Pilih menu **VIEW** - data frame properties - Projected
Coordinate System - UTM - WGS 1984 - Southern
Hemisphere - WGS 1984 UTM Zone 49S - **OK**

Setelah ini, maka peta yang diinginkan dapat berada pada titik koordinat yang sesuai.



Gambar 2.16 Titik Koordinat Peta pada program Arcgis

- **Digitasi pada ArcGIS**

Ketika bekerja dengan software ArcGIS kita tidak hanya disuguhkan input berdasarkan file-file yang tersedia, melainkan kita juga dapat membuat jenis file perpetaan kita sendiri sesuai kebutuhan. Untuk melakukan pemetaan pada ArcGIS dikenal dengan istilah *digitasi* yang dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Membuat Shapfile

Pada kolom catalog (sisi kiri layar kerja) tentukanlah folder yang akan menjadi tempat penyimpanan shapefile - klik kanan - pilih new shapefile - beri nama - tentukan type file nya - tentukan UTM nya pada edit - OK.

- b. Memulai Digitasi

Setelah dibuat shapefile baru, maka akan muncul pada kolom *Table of Content* nama shapefile baru yang baru saja dibuat. Maka untuk memulai digitasi lakukan klik pada icon Editor - pilih start editing - pilih shp yang akan digunakan pada kolom 'create feautre' dalam - apabila telah selesai klik editor - save edit untuk menyimpan - dan apabila mengakhiri, pada editor pilih stop editing.

Tahapan digitasi ini berlaku sama dengan setiap jenis shapefile, baik point, polyline, polygon dan lainnya.

- **Bekerja dengan Layout pada ArcGIS**

Dalam ArcGIS terdapat dua layar utama, yaitu layout sebagai lembar kerja dan layout sebagai gambaran lembaran yang akan disimpan. Pada umumnya, layout perpetaan selalu diikuti dengan Legenda dan beberapa ketentuan lainnya seperti judul peta, sumber, dan sebagainya sesuai dengan kebutuhan.

- a. Mengatur ukuran kertas

Pilih File – pilih Page and Print Setup – tentukan ukuran kertas.

- b. Mengatur Kesesuaian Kenampakan Peta

Untuk menentukan besar peta yang paling tepat adalah dengan mengatur besar Skala. Namun dapat juga disesuaikan dengan lebar kertas dengan menggunakan zoom.

- c. Memasukkan Legenda

Selanjutnya adalah memasukkan legenda sebagai informasi peta melalui klik menu Insert –pilih Legend - pilih shp yang akan di input kan menjadi legenda.

- **Menyimpan File**

Menyimpan file dalam lembar kerja ArcGIS dapat dilakukan dengan cara pilih File – kemudian Save – tentukan folder lokasi penyimpanan – buat nama file – pilih SAVE. Selain itu, menyimpan file juga dapat dijadikan sebagai JPEG dan sebagainya sesuai kebutuhan dengan cara pilih File – Export Map.

1.7 Data Stasiun Pantau

Data NO₂ pada penelitian ini didapatkan dari stasiun pantau kualitas udara yaitu kota Jakarta dan Surabaya. Karena kota tersebut kemungkinan memiliki karakteristik yang berbeda dalam dispersi polutan ke atmosfer berdasarkan sumbernya, maka pengukuran satelit jangka panjang dilakukan untuk menyelidiki kemampuan instrumen satellit OMI dalam mengamati tren tahunan dan variabilitas musiman polutan tersebut. Data bulanan NO₂ dari instrumen satellit OMI dibandingkan dengan data bulanan dispersi NO₂ di permukaan bumi dari stasiun pantau pada periode waktu yang bersamaan.

1.8 Uji Anova satu arah (*One Way Anova*)

Pada penelitian ini menggunakan uji Anova satu arah untuk menganalisa hubungan perubahan musim di Indonesia terhadap konsentrasi maupun nilai total kolom NO₂. Uji Anova ini merupakan analisa statistik yang bersifat satu arah. Menurut Asriani. D., (2009), uji statistik ini digunakan untuk menguji apakah dua populasi atau lebih yang independen, memiliki rata-rata yang dianggap sama atau tidak sama. Adapun langkah-langkah dalam prosedur *One-Way Anova* adalah sebagai berikut:

a) Tes Homogenitas Varian (*Test of Homogeneity of Variance*)

Asumsi dasar dari analisis ANOVA adalah bahwa seluruh kelompok yang terbentuk harus memiliki variannya sama. Untuk menguji asumsi dasar ini dapat dilihat dari hasil test homogenitas dari varian dengan menggunakan uji *Levene Statistic*. Hipotesis yang digunakan dalam tes homogenitas varian adalah :

Ho : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah sama

Ha : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

- Jika probabilitas (*P-value*) > 0,05, maka H₀ diterima
- Jika probabilitas (*P-value*) < 0,05, maka H₀ ditolak

b) Pengujian ANOVA (Uji F)

Uji statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa semua kelompok mempunyai mean populasi yang sama adalah Uji F. Hasil F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah:

Ho : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah sama

Ha : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

- Jika F hitung > F tabel 0,05, maka H₀ ditolak
- Jika F hitung < F tabel 0,05, maka H₀ diterima

c) Tes *Post Hoc*

Dari pengujian ANOVA (*F test*) telah diketahui bahwa secara umum seluruh kelompok memiliki perbedaan (tidak sama). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok maka digunakan tes *Post Hoc* dengan menggunakan salah satu fungsi *Tukey*. Adapun hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah:

H_0 : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah sama

H_a : Diduga bahwa seluruh varian populasi adalah berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

- Jika probabilitas (*P-value*) $> 0,05$, maka H_0 diterima
- Jika probabilitas (*P-value*) $< 0,05$, maka H_0 ditolak

d) Uji K Sampel Tidak Berpasangan

Analisis nonparametrik untuk K sampel yang tidak berpasangan sangat berguna untuk menentukan apakah terdapat perbedaan antara dua atau beberapa grup yang diuji. Uji ini bisa dilakukan jika asumsi untuk uji *Analysis of Variance* (ANOVA) tidak terpenuhi. Untuk uji ini bisa menggunakan *Kruskal-Wallis*.

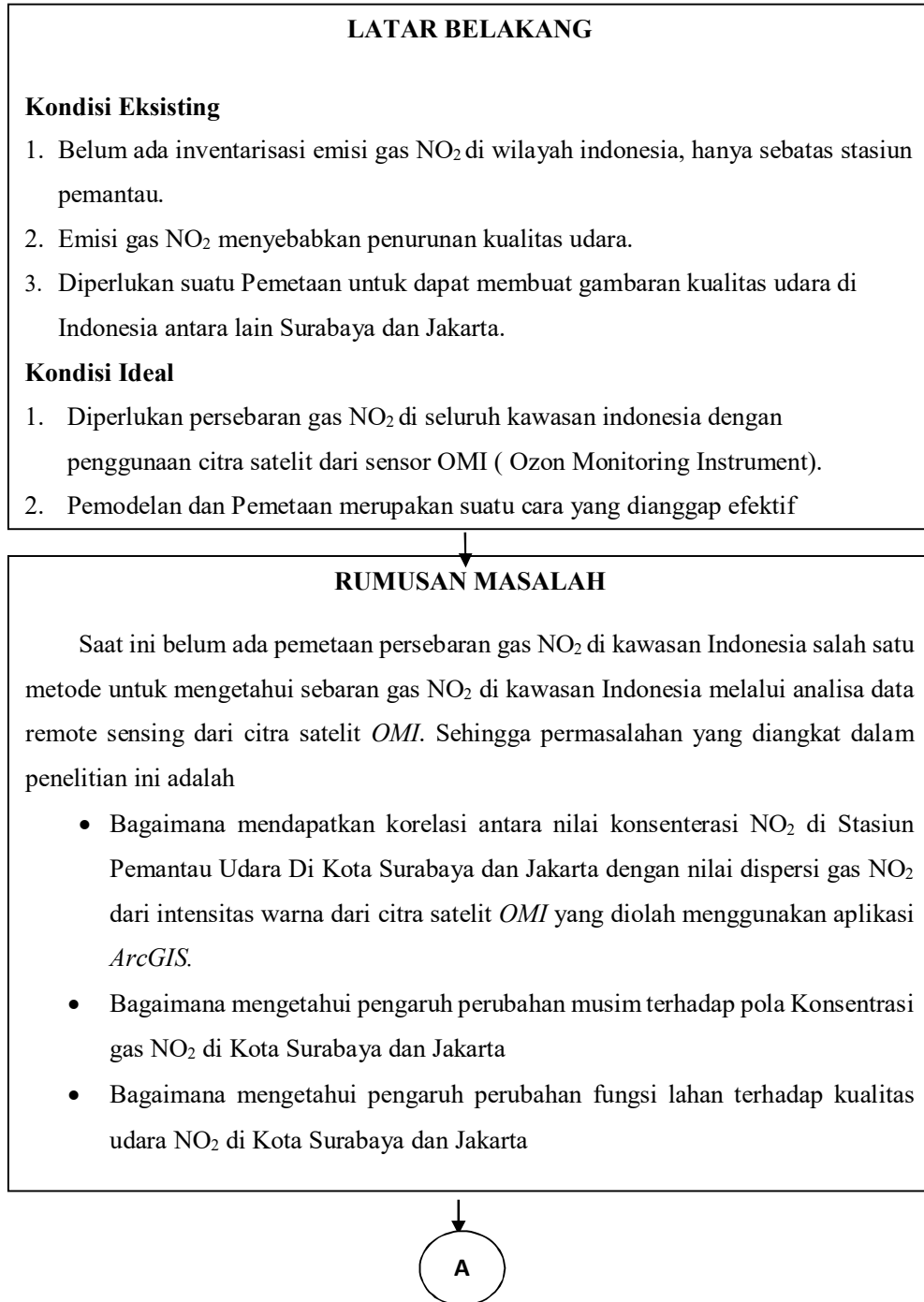
Menurut Kurniawan, D., (2008), untuk memutuskan apakah H_0 ditolak atau diterima, kita membutuhkan suatu kriteria uji. Kriteria uji yang paling sering digunakan akhir-akhir ini adalah *p-value*. *P-value* lebih disukai dibandingkan kriteria uji lain seperti tabel distribusi dan selang kepercayaan. Hal ini disebabkan karena *p-value* memberikan 2 informasi sekaligus, yaitu disamping petunjuk apakah H_0 pantas ditolak, *p-value* juga memberikan informasi mengenai peluang terjadinya kejadian yang disebutkan di dalam H_0 (dengan asumsi H_0 dianggap benar). **Definisi *p-value* adalah tingkat keberartian terkecil sehingga nilai suatu uji statistik yang sedang diamati masih berarti.** Misal, jika *p-value* sebesar 0.021, hal ini berarti bahwa jika H_0 dianggap benar, maka kejadian yang disebutkan di dalam H_0 hanya akan terjadi sebanyak 21 kali dari 1000 kali percobaan yang sama. Oleh karena sedemikian kecilnya peluang terjadinya kejadian yang disebutkan di dalam H_0 tersebut, maka kita dapat menolak *statement* (pernyataan) yang ada di dalam H_0 . Sebagai gantinya, kita menerima *statement* yang ada di H_a .

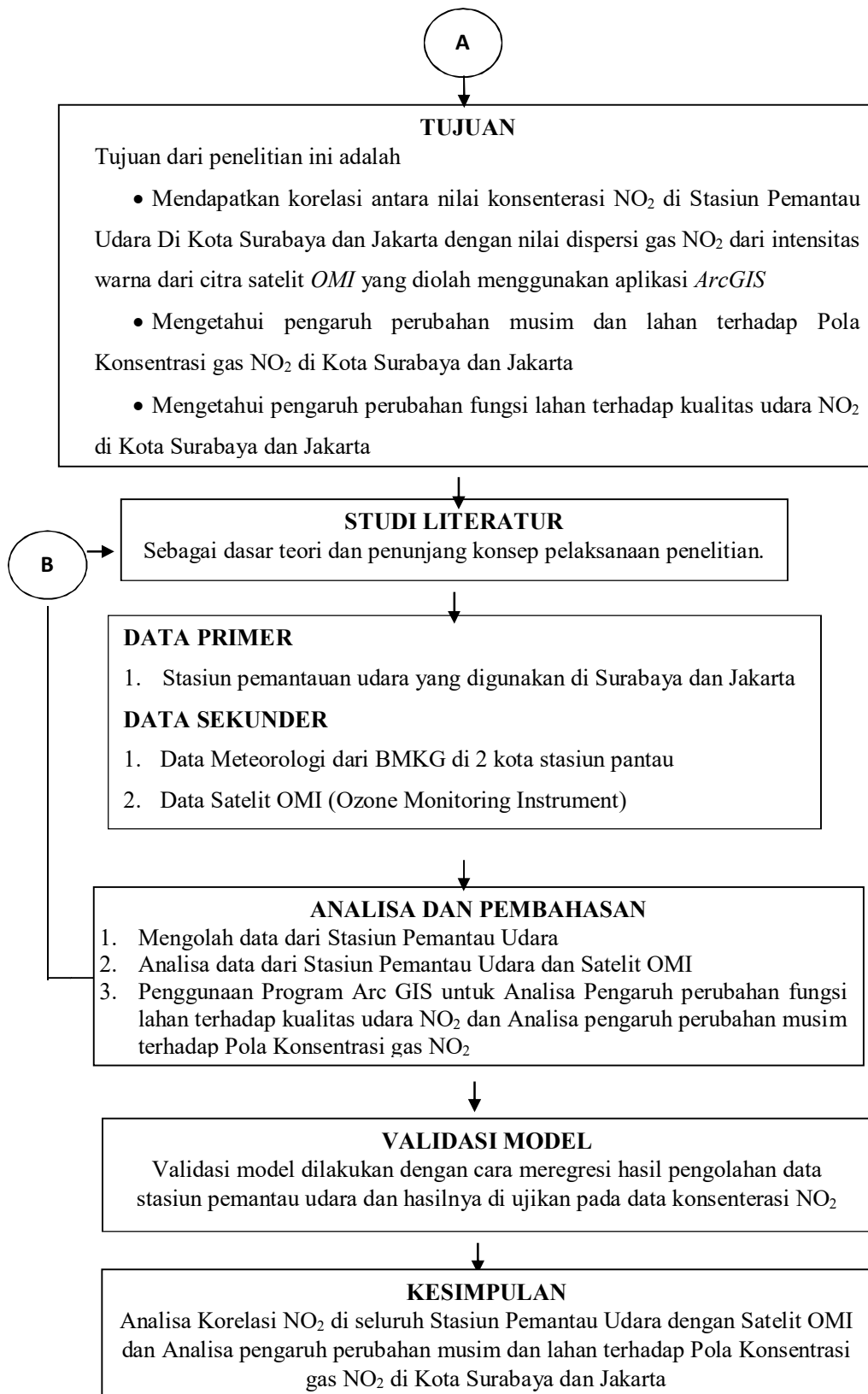
P-value dapat pula diartikan sebagai besarnya peluang melakukan kesalahan apabila kita memutuskan untuk menolak H_0 . Pada umumnya, *p-value* dibandingkan dengan suatu taraf nyata α tertentu, biasanya 0.05 atau 5%. Taraf nyata α diartikan sebagai peluang kita melakukan kesalahan untuk menyimpulkan bahwa H_0 salah, padahal sebenarnya *statement* H_0 yang benar. Kesalahan semacam ini biasa dikenal dengan galat/kesalahan jenis I (*type I error*, baca = *type one error*). Misal α yang digunakan adalah 0.05, jika *p-value* sebesar 0.021 (< 0.05), maka kita berani memutuskan menolak H_0 . Hal ini disebabkan karena jika kita memutuskan menolak H_0 (menganggap *statement* H_0 salah), kemungkinan kita melakukan kesalahan masih lebih kecil daripada $\alpha = 0.05$, dimana 0.05 merupakan ambang batas maksimal dimungkinkannya kita salah dalam membuat keputusan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Dasar Penentuan Wilayah Studi

Penentuan wilayah studi berdasarkan letak stasiun pemantauan kualitas udara ambien (ISPU) yang tersebar di wilayah Indonesia antara lain, Kota Surabaya dan Jakarta. Pemilihan lokasi tersebut dilakukan karena tingkat persebaran udara ambien di kota sangat besar, dan hanya di lokasi kota-kota tersebut terdapat stasiun pemantau. Selain itu nantinya juga akan dilakukan sampling kualitas udara ambien yang akan dilakukan di stasiun pemantau kualitas udara ambien. **Gambar 3.2** merupakan lokasi penelitian.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

Keterangan :



: Lokasi stasiun pemantau kualitas udara ambien

3.3 Tahapan Studi

Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

Studi Literatur yang digunakan pada penelitian ini meliputi Karakteristik nitrogen dioksida (NO_2), faktor meteorologi arah dan kecepatan angin, Satelit *OMI (Ozone Monitoring Instrument)*, aplikasi *ArcGIS*, dan data stasiun pantau.

2. Analisa data dari stasiun pantau

Stasiun pantau yang ditentukan dalam studi ini berada pada 2 kota yang berbeda, yaitu di kota Jakarta dan Surabaya. Data yang diperlukan merupakan data konsentrasi gas NO_2 pada setiap periode (dalam periode bulanan) pada 4 tahun terakhir. Dari seluruh stasiun pantau pada kota Jakarta dan Surabaya diambil data pada periode yang sama.

3. Mengolah data dari satelit *OMI* (*Ozone Monitoring Instrument*)
Tujuan pengolahan data dari citra satelit *OMI* adalah untuk mendapatkan nilai intensitas warna dari data kolom NO₂ di lapisan troposfer. Data dari Satelit *OMI* dapat didapatkan dari website www.temis.nl yang merupakan hasil publikasi dari KNMI. Data dari satelit *OMI* merupakan data nilai pixel atau kolom NO₂ (10¹⁵ mol/cm²). Data yang diambil pada satelit *OMI* disesuaikan dengan lokasi dan periode data dari stasiun pemantau. Total data yang diunduh sama dengan jumlah data dari stasiun pantau yaitu 96 data.
4. Menentukan nilai intensitas warna dari data satelit *OMI*
Pembentukan data dari satelit *OMI* ke dalam intensitas warna dilakukan dengan menggunakan aplikasi *ArcGis*. Tujuan pembentukan intensitas warna adalah untuk memberikan range nilai dari data satelit *OMI* untuk mengetahui persebaran gas NO₂ yang dibaca berdasarkan intensitas warna di sekitar wilayah stasiun pantau.
5. Validasi model dari data intensitas warna dengan metode regresi
Validasi model dilakukan dengan cara meregresi hasil pengolahan data stasiun pantau di 2 kota dengan data dari satelit *OMI*, Sehingga dapat diketahui hasil regresi dari grafik dengan persamaan $y=ax+b$.
6. Analisa pengaruh perubahan musim terhadap pola konsentrasi gas NO₂
Pengaruh persebaran gas NO₂ terhadap perubahan musim dilakukan dengan cara dilakukan uji ANOVA dari stasiun pemantau dan dari data satelit *OMI*.
7. Analisa pengaruh perubahan fungsi lahan terhadap kualitas udara NO₂
Analisa pengaruh perubahan fungsi lahan dilakukan dengan cara digitasi dari perubahan fungsi lahan RTH dengan daerah terbangun dengan

bantuan program arcgis yang nantinya dibandingkan dengan kualitas udara NO₂ yang berupa data dari Satelit OMI

8. Kesimpulan dan Saran

Dari analisa dan pembahasan, maka dapat diambil suatu kesimpulan penting mengenai hasil penelitian. Kesimpulan diharapkan mampu menentukan konsenterasi dispersi gas NO₂ di permukaan hanya dengan melihat satelit *OMI*. Saran-saran untuk metode digunakan untuk penelitian lebih lanjut guna mencapai hasil yang lebih baik di masa mendatang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

Pada Pengambilan data kali ini terdapat Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) yang berlokasi di 2 kota besar, yaitu kota Surabaya dan Jakarta. Data yang diambil berupa data konsentrasi NO_2 dengan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Data tersebut digunakan untuk membandingkan dengan data dari satelit (*Ozone Monitoring Instrument*) OMI ($10^{15} \text{ mol}/\text{cm}^2$), Data Satelit OMI berupa data Nilai Konsentrasi NO_2 Column yang berada di atmosfer. Data konsentrasi NO_2 yang didapatkan dari Stasiun Pemantau Kualitas Udara adalah data dari tahun 2012 hingga tahun 2015 yang digunakan pada studi ini. Untuk melakukan Pengolahan data dari stasiun pemantau dilakukan dengan cara mengkonversi dari data harian menjadi data bulanan.

4.1.1 Stasiun Pemantau Kualitas Udara

Pada penelitian ini, Jumlah Stasiun pemantau yang terdapat di Kota Surabaya sebanyak 7 stasiun pemantau yang tersebar di beberapa wilayah Kota Surabaya, Diantaranya SUF1, SUF 2, SUF3, SUF4, SUF 5, SUF6 dan SUF7, Namun hanya beberapa stasiun pemantau di Surabaya yang masih aktif hingga sekarang, antara lain SUF1, SUF5, SUF6 dan SUF7. Sedangkan di Kota Jakarta terdapat 6 stasiun pemantau, diantaranya DKI1, DKI2, DKI3, DKI4, DKI5, dan JAF4. Lokasi beserta koordinat setiap titik SPKU di kota Surabaya maupun Jakarta dapat dilihat pada *Tabel 4.1*.

Tabel 4.1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara

Kota	Titik Pantau	Nama Lokasi	Koordinat x y	Koordinat
Surabaya	SUF 1	Taman Prestasi	-7.262016, 112.746425	112° 44' 47.130" E dan 7° 15' 43.258" S
	SUF 2	Perak Timur	-7.223738, 112.733968	112° 44' 2.285" E dan 7° 13' 25.457" S
	SUF 3	Sukomanunggal	-7.248917, 112.647734	112° 38' 51.842" E dan 7° 14' 56.101" S
	SUF 4	Gayungan	-7.333790, 112.707853	112° 42' 28.271" E dan 7° 20' 1.644" S
	SUF 5	Gebang Putih	-7.290515, 112.793565	112° 47' 36.834" E dan 7° 17' 25.854" S

Kota	Titik Pantau	Nama Lokasi	Koordinat x y	Koordinat
Jakarta	SUF 6	Wonorejo	-7.313076, 112.785212	112° 47' 6.763" E dan 7° 18' 47.074" S
	SUF 7	Kebon sari	-7.327922, 112.713241	112° 42' 47.668" E dan 7° 19' 40.519" S
	DKI1	Bunderan HI	-6.1949571, 106.82306	106° 49' 23.016" E dan 6° 11' 41.846" S
	DKI2	Kelapa Gading	-6.1604549, 106.90546	106° 54' 19.660" E dan 6° 9' 37.638" S
	DKI3	Jagakarsa	-6.334917, 106.823737	106° 49' 25.453" E dan 6° 20' 5.701" S
	DKI4	Lubang Buaya	-6.2939072, 106.90339	106° 54' 12.233" E dan 6° 17' 38.066" S
	DKI5	East Jakarta	-6.2069444, 106.75222	106° 45' 7.999" E dan 6° 12' 25.000" S
	JAF4	West Jakarta	-6.1683295, 106.75884	106° 45' 31.856" E dan 6° 10' 5.986" S

Sumber : Badan Lingkungan Hidup Jakarta dan Surabaya

4.1.2 Rekapitulasi Data Stasiun Pemantau Kualitas Udara

Dari data stasiun pemantau yang didapatkan mulai dari tahun 2012 hingga 2015, hanya terdapat 5 stasiun pemantau yang dapat membaca konsentrasi NO₂. Diantaranya SUF1, SUF3, SUF4, SUF6 dan SUF7, sedangkan stasiun pantau SUF2 dari tahun 2014 tidak dapat membaca konsentrasi gas NO₂ dan Stasiun pantau SUF5 hanya dapat membaca konsentrasi gas NO₂ selama 3 bulan di awal tahun 2014, sehingga hanya data konsentrasi gas NO₂ dari SUF2 dan SUF5 yang tidak digunakan dalam analisa dalam penelitian ini.

Sedangkan di kota Jakarta, data konsentrasi NO₂ di semua titik Stasiun Pemantau hanya ada sampai tahun 2014. Sehingga Jumlah data dari Stasiun Pemantau yang digunakan di Surabaya maupun Jakarta selama tahun 2012 hingga 2015 adalah sebanyak 225 data. Berikut adalah Rekapitulasi data konsentrasi NO₂ disetiap titik Stasiun Pemantau di kota Surabaya maupun Jakarta dapat dilihat pada **Tabel 4.2**. Data pada tabel tersebut merupakan data dalam periode bulanan yang telah diolah dari data harian.

Data Konstentrasi NO₂ yang ada pada Tabel 4.2 telah dikonversi dalam satuan (ppm), untuk merubah data konsentrasi NO₂ dalam satuan (µg/m³) ke dalam satuan (ppm), diperlukan persamaan yang dapat dilihat pada **persamaan 4.1 dan 4.2**.

$$ppm \text{ gas } i = \frac{Mi \times 1000 \times P_{atm}}{RT_{atm}} a \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) \dots \dots \dots (4.1)$$

$$a\left(\frac{\mu g}{m^3}\right) = \frac{RT_{atm}}{M_i \times 1000 \times P_{atm}} (ppm) \dots \dots \dots (4.2)$$

Keterangan:

M_i = Massa Molekul (g/Mol)

P_{atm} = Tekanan Atmosfer (atm)

R = 0,0821 (L.atm/Mol.K)

T_{atm} = Suhu (Kelvin)

Pada persamaan 1, diambil contoh data konsentrasi NO₂ di kota Jakarta pada Bulan Januari tahun 2012 di lokasi JAF1 yaitu sebesar 9,05 µg/m³. Untuk kondisi udara ambien disesuaikan dengan kondisi ruang dengan P = 1 atm dengan suhu T = 298 K. Dan massa molekul (MR) gas NO₂ adalah 46. Sehingga hasil konsentrasi gas NO₂ di SUF1 pada bulan Januari 2012 adalah 0,00481 ppm. Dan untuk hasil konversi secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Stasiun Pemantau Kualitas Udara (dalam satuan ppm)

Periode	Konsentrasi (ppm)										
	Surabaya					Jakarta					
	SUF 1	SUF 3	SUF 4	SUF 6	SUF7	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI 5	JAF4
<i>Tahun 2012</i>											
January	0.00248	-	-	-	-	0.01746	0.01748	0.00633	0.01206	-	0.00481
February	0.00268	0.03886	-	-	-	0.01896	0.02148	0.01132	0.02003	-	0.00260
March	0.00656	0.04434	0.00795	-	-	0.01493	0.01730	0.00715	0.01389	-	0.00918
April	0.00613	0.04580	0.00498	-	-	0.02997	0.02178	0.01420	0.01853	-	0.01948
May	0.00434	0.04520	0.00210	-	-	0.03042	0.02096	0.01488	0.01958	-	0.02183
June	0.00724	-	-	-	-	0.02984	0.01957	0.01605	0.01878	-	0.02166
July	0.00825	-	0.00886	-	-	0.03787	0.02494	0.01517	0.02017	-	0.02011
August	0.00615	-	0.00397	-	-	0.02987	0.01825	0.01243	0.01602	-	0.01811
September	0.00718	-	-	-	-	0.03590	0.02065	0.01408	0.02168	-	0.01868
October	0.00513	-	0.00389	-	-	0.03301	0.02217	0.01294	0.01830	-	0.02017
November	0.00411	-	-	0.01277	-	0.03472	0.02936	0.01302	0.02215	-	-
December	0.00954	0.04648	0.00791	0.01492	-	0.02283	0.02040	0.00887	0.01531	-	0.01572
<i>Tahun 2013</i>											
January	0.00159	0.00346	0.00466	0.00993	-	0.02068	0.01778	0.00688	0.01281	0.01193	-
February	0.00183	0.00098	-	0.01138	-	0.02507	0.02127	0.00902	0.01524	0.01413	-

Periode	Konsentrasi (ppm)										
	Surabaya					Jakarta					
	SUF 1	SUF 3	SUF 4	SUF 6	SUF7	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI 5	JAF4
March	0.00177	0.00113	-	0.01155	-	0.02706	0.02288	0.00950	0.01538	0.01589	-
April	-	0.00072	-	0.00274	-	0.02490	0.02025	0.01100	0.01459	0.01730	-
May	-	0.00002	-	0.00806	-	0.02929	0.02242	0.01256	0.01692	0.01899	-
June	-	-	0.00376	0.01081	-	0.02744	0.02167	0.01207	0.01642	0.01770	-
July	-	-	0.00883	0.00809	-	0.02905	0.02098	0.01307	0.01692	0.02067	-
August	-	-	0.00327	0.00303	-	0.02327	0.01686	0.01110	0.01385	0.01587	-
September	-	-	0.00657	0.00674	-	0.03036	0.02253	0.01108	0.01540	0.01664	-
October	-	-	-	0.00618	-	0.03188	0.02657	0.01186	0.01479	0.01777	-
November	-	-	-	0.00847	-	0.02762	0.02770	0.01005	0.01280	0.01676	-
December	-	-	-	-	-	0.02422	0.02413	0.00870	0.01107	0.01141	-
Tahun 2014											
January	-	-	-	0.00895	0.01210	0.02323	0.02053	0.00547	0.00899	0.01237	-
February	-	-	-	0.01142	0.01184	0.02787	0.02576	0.00862	0.01163	0.01634	-
March	-	-	-	0.01060	0.01787	0.03319	0.02858	0.01299	0.01978	0.01832	-
April	-	-	-	0.01067	0.02263	0.02440	0.02281	0.00899	0.01357	0.01227	-
May	-	-	-	0.00660	0.01879	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	0.00566	0.02045	-	-	-	-	-	-
July	-	-	-	0.00534	0.01797	-	-	-	-	-	-
August	-	-	-	0.00592	0.01942	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	0.00736	0.02312	-	-	-	-	-	-
October	-	-	-	0.00656	0.02128	-	-	-	-	-	-
November	-	-	-	0.00824	0.02230	-	-	-	-	-	-
December	-	-	-	0.01135	0.01175	-	-	-	-	-	-
Tahun 2014											
January	-	-	-	0.00965	0.00311	-	-	-	-	-	-
February	-	-	-	0.01113	0.00423	-	-	-	-	-	-
March	-	-	-	0.00905	0.00365	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	0.00998	0.00476	-	-	-	-	-	-
May	-	-	-	0.00509	0.00536	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	0.00462	0.00842	-	-	-	-	-	-

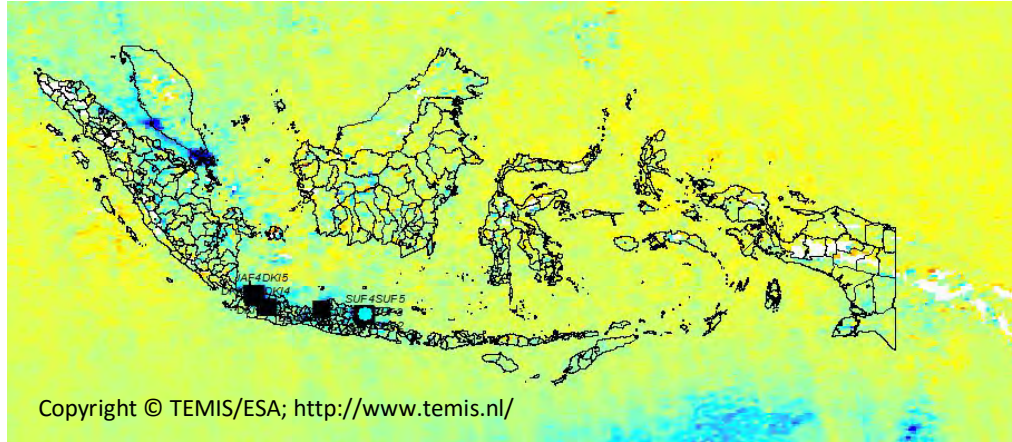
Keterangan: (-) SPKU tidak dapat membaca gas NO₂ atau error

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3 Data Satellite OMI (Ozone Monitoring Instrument)

Pada Penelitian ini data dari satelit OMI dapat diunduh dari website www.temis.nl, Data tersebut merupakan data hasil pencitraan satellite OMI yang telah diolah oleh KNMI (*Royal Netherlands Meteorological Institute*), yang hasilnya dipublikasikan

melewati website. Untuk data hasil olahan KNMI yang diambil untuk dari website berupa data pencitraan satelit OMI yang mencakupi wilayah seluruh dunia dengan rentang waktu harian atau bulanan.



Gambar 4.1 Hasil Pencitraan Satelit OMI (Ozone Monitoring Insrtument)

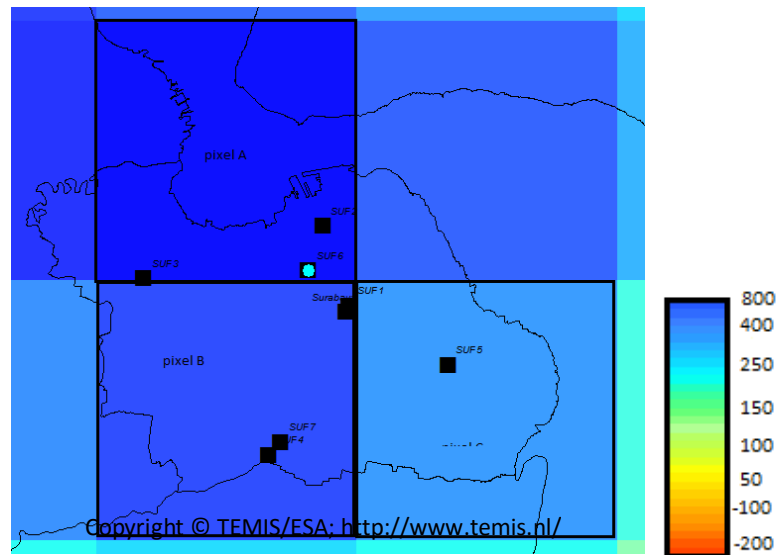
Data harian yang didapatkan berupa data dengan format *hdf*, sedangkan data bulanan berupa data dengan format *grd*. Dalam studi ini, data yang dibutuhkan adalah data bulanan, yang kemudian Data bulanan tersebut dibaca menggunakan aplikasi *ArcGIS*. Untuk membuka dengan aplikasi *ArcGIS*, data bulanan yang telah diunduh dengan format *grd* harus dirubah ke dalam format *ASCII*. Berikut adalah contoh Hasil pembukaan publikasi dari KNMI dengan aplikasi *ArcGIS* dapat dilihat pada **gambar 4.1**.

Dari Gambar 4.1 diatas merupakan hasil pencitraan satelit OMI di wilayah Indonesia yang dapat dibaca dengan program *ArcGIS*.. Dari hasil gambar tersebut warna yang dihasilkan adalah pixel. Setiap pixel warna masing-masing memiliki nilai pixel (*pixel value*). Dalam satu titik pixel mencakup luas area 312 km^2 (13 km x 24 km).

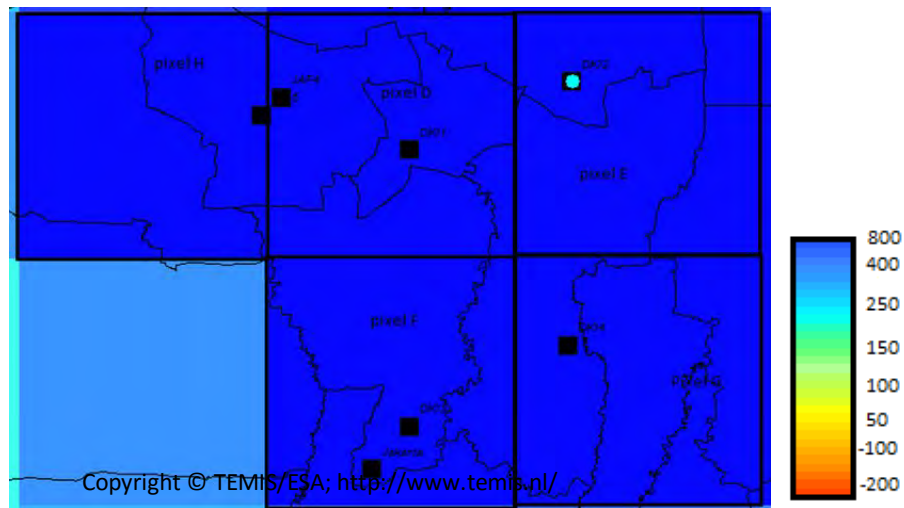
a. Penentuan lokasi titik stasiun pemantau dengan bantuan Satelit OMI

Penentuan lokasi berdasarkan titik stasiun pantau yang berada di kota Surabaya dan Jakarta. Dari hasil citra satelite OMI, dapat ditentukan dengan lokasi Stasiun pemantau di kota Surabaya dan Jakarta. Untuk kota Surabaya sendiri lokasi stasiun pemantau mencakup 3 pixel, Sedangkan di kota Jakarta, lokasi stasiun pemantau

mencakup 5 pixel. Lokasi Stasiun pemantau dengan bantuan satelit OMI tersebut secara detail dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3**



Gambar 4.2 Hasil Penentuan Lokasi Stasiun Pemantau dengan Satelit OMI di Kota Surabaya



Gambar 4.3 Hasil Penentuan Lokasi Stasiun Pemantau dengan Satelit OMI di Kota Jakarta

Pada **gambar 4.2**, lokasi stasiun pemantau kualitas udara di kota Surabaya mencakup 3 titik pixel (pixel A, pixel B dan pixel C). Pixel A mencakup titik Stasiun pemantau kualitas udara diantaranya SUF3 dan SUF6. Pixel B mencakup SUF1, SUF4 dan SUF7, Pixel C Mencakup SUF5. Sedangkan di kota Jakarta

terbagi menjadi 5 titik pixel, yang ditampilkan pada **gambar 4.3** lokasi stasiun pemantau kualitas udara di kota Jakarta Pixel D mencakup titik Stasiun pemantau kualitas udara diantaranya DKI1 dan JAF4. Pixel E mencakup DKI2, Pixel F mencakup DKI3, Pixel G mencakup DKI4 dan Pixel H Mencakup DKI5.

b. Rekapitulasi Data dari Satelite OMI

Pada Studi ini data yang diambil dari Satelite OMI merupakan data bulanan mulai dari bulan Januari tahun 2012 hingga bulan Juni tahun 2015. Data tersebut berupa nilai pixel (*pixel value*) setiap bulannya pada setiap titik stasiun pemantau (lihat **gambar 4.2** dan **gambar 4.3**). Untuk rekapitulasi nilai pixel per bulan dari bulan Januari 2012 hingga bulan Juni 2015 pada setiap titik SPKU dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Satelit OMI

Periode	Pixel Value												
	Surabaya							Jakarta					
	SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JAF4
<i>Tahun 2012</i>													
January	187	-	-	-	-	-	-	622	469	121	324	-	622
February	153	-	298	-	-	-	-	622	464	570	624	-	622
March	324	-	300	324	-	-	-	279	334	313	354	-	279
April	236	-	338	236	225	-	-	464	393	380	389	-	464
May	292	-	436	292	282	-	-	501	508	495	509	-	501
June	295	-	-	-	-	-	-	705	502	547	516	-	705
July	321	-	-	321	190	-	-	798	679	603	603	-	798
August	249	-	-	249	-	-	-	689	437	625	465	-	689
September	303	-	-	-	-	-	-	628	689	636	626	-	628
October	320	-	-	320	-	-	-	621	483	692	522	-	621
November	360	-	-	-	-	366	-	354	251	439	211	-	-
December	365	-	-	365	-	259	-	288	457	234	214	-	288
<i>Tahun 2013</i>													
January	227	-	243	227	-	243	-	266	412	-	430	230	-
February	312	-	392	-	-	392	-	429	533	259	498	430	-
March	366	-	457	-	-	457	-	405	403	427	373	360	-
April	-	-	200	-	-	200	-	489	564	354	430	352	-

Periode	Pixel Value												
	Surabaya							Jakarta					
	SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JAF4
May	-	-	283	334	-	283	-	873	782	666	566	594	-
June	-	-	-	286	-	450	-	505	441	404	397	436	-
July	-	-	-	197	-	401	-	403	395	324	307	368	-
August	-	-	-	306	-	228	-	473	398	496	452	432	-
September	-	-	-	-	-	388	-	757	694	857	703	587	-
October	-	-	-	-	-	423	-	531	512	461	501	344	-
November	-	-	-	-	-	359	-	590	547	387	431	460	-
December	-	-	-	-	-	-	-	386	434	167	246	393	-
Tahun 2014													
January	-	-	-	-	-	191	194	311	283	255	255	-	311
February	-	-	-	-	-	314	282	243	250	293	420	-	243
March	-	-	-	-	-	411	386	695	718	812	790	-	695
April	-	-	-	-	-	432	221	436	486	297	265	-	436
May	-	-	-	-	-	259	221	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	-	-	218	168	-	-	-	-	-	-
July	-	-	-	-	-	236	205	-	-	-	-	-	-
August	-	-	-	-	-	272	254	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-	271	243	-	-	-	-	-	-
October	-	-	-	-	-	362	291	-	-	-	-	-	-
November	-	-	-	-	-	413	312	-	-	-	-	-	-
December	-	-	-	-	-	455	233	-	-	-	-	-	-
Tahun 2015													
January	-	-	-	-	-	206	201	-	-	-	-	-	-
February	-	-	-	-	-	306	356	-	-	-	-	-	-
March	-	-	-	-	-	386	584	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	-	-	692	404	-	-	-	-	-	-
May	-	-	-	-	-	222	196	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	-	-	294	245	-	-	-	-	-	-

Sumber : Copyright © TEMIS/ESA; <http://www.temis.nl/>
Keterangan: (-) Terjadi error

4.2 Analisa Data

4.2.1. Analisa Korelasi Data NO₂ Hasil Pengukuran Di SPKU Dan Data Olahan Hasil Citra Satelit OMI Dengan Metode Statistik Regresi Linear.

Analisa data yang dilakukan adalah Regresi linear digunakan untuk mencari korelasi data apakah kedua tipe data tersebut memiliki korelasi yang kuat sehingga data dari satelit dapat digunakan untuk memprediksi konsentrasi NO₂ di Surabaya dan Jakarta. Jumlah data yang digunakan dalam regresi linear yaitu 164 data yang akan dikurangi 16 data (secara acak) sebagai data validasi.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Data dari SPKU Kota Surabaya dan Satelit OMI berdasarkan pixel

Periode	Pixel A		Pixel B		Pixel C	
	(SUF 3 dan SUF 6)		(SUF 1, SUF 4 DAN SUF 7)		(SUF5)	
	SPKU	Satelite	SPKU	Satelite	SPKU	Satelite
	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)
2012						
JANUARY	-	-	0.00248	187	-	-
FEBRUARY	-	-	0.00268	153	-	-
MARCH	-	-	0.00726	324	-	-
APRIL	-	-	0.00556	236	0.00079	225
MAY	0.04523	436	0.00322	292	0.00001	282
JUNE	-	-	0.00724	295	-	-
JULY	-	-	0.00856	321	0.00036	190
AUGUST	-	-	0.00507	249	-	-
SEPTEMBER	-	-	0.00718	303	-	-
OCTOBER	-	-	0.00451	320	-	-
NOVEMBER	0.01277	366	0.00411	360	-	-
DECEMBER	0.01493	259	0.00873	365	-	-
2013						
JANUARY	0.006701	243	0.003125	227	-	-
FEBRUARY	0.006186	392	0.000916	312	-	-
MARCH	0.006346	457	0.000886	366	-	-
APRIL	0.001728	200	0.003766	334	-	-
MAY	0.004042	283	0.008834	286	-	-
JUNE	0.010815	450	0.003271	197	-	-
JULY	0.008099	401	0.006571	306	-	-
AUGUST	0.003032	228	-	-	-	-
SEPTEMBER	0.006747	388	-	-	-	-

Periode	Pixel A		Pixel B		Pixel C	
	(SUF 3 dan SUF 6)		(SUF 1, SUF 4 DAN SUF 7)		(SUF5)	
	SPKU	Satelite	SPKU	Satelite	SPKU	Satelite
	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)	(ppm)	(10 ¹⁵ mol/cm ²)
OCTOBER	0.006186	423	-	-	-	-
NOVEMBER	0.008473	359	-	-	-	-
DECEMBER	0.003125	227	-	-	-	-
2014						
JANUARY	0.008969	191	0.012097	194	-	-
FEBRUARY	0.011427	314	0.01185	282	-	-
MARCH	0.01061	411	0.017884	386	-	-
APRIL	0.010678	432	0.022647	221	-	-
MAY	0.006602	259	0.018803	221	-	-
JUNE	0.005661	218	0.020462	168	-	-
JULY	0.005341	236	0.017982	205	-	-
AUGUST	0.005919	272	0.019434	254	-	-
SEPTEMBER	0.007363	271	0.023137	243	-	-
OCTOBER	0.006564	362	0.021296	291	-	-
NOVEMBER	0.008249	413	0.022313	312	-	-
DECEMBER	0.011362	455	0.011757	233	-	-
2015						
JANUARY	0.00944	206	0.00319	201	-	-
FEBRUARY	0.01114	306	0.00423	356	-	-
MARCH	0.00902	386	0.00357	584	-	-
APRIL	0.00998	692	0.00476	404	-	-
MAY	0.00511	222	0.00551	196	-	-
JUNE	0.00462	294	0.00842	245	-	-
JULY	-	-	-	-	-	-
AUGUST	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	-	-	-	-	-	-
OCTOBER	-	-	-	-	-	-
NOVEMBER	-	-	-	-	-	-
DECEMBER	-	-	-	-	-	-

Keterangan: (-) Terjadi error

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Rekapitulasi Data dari SPKU Kota Jakarta dan Satelit OMI berdasarkan pixel

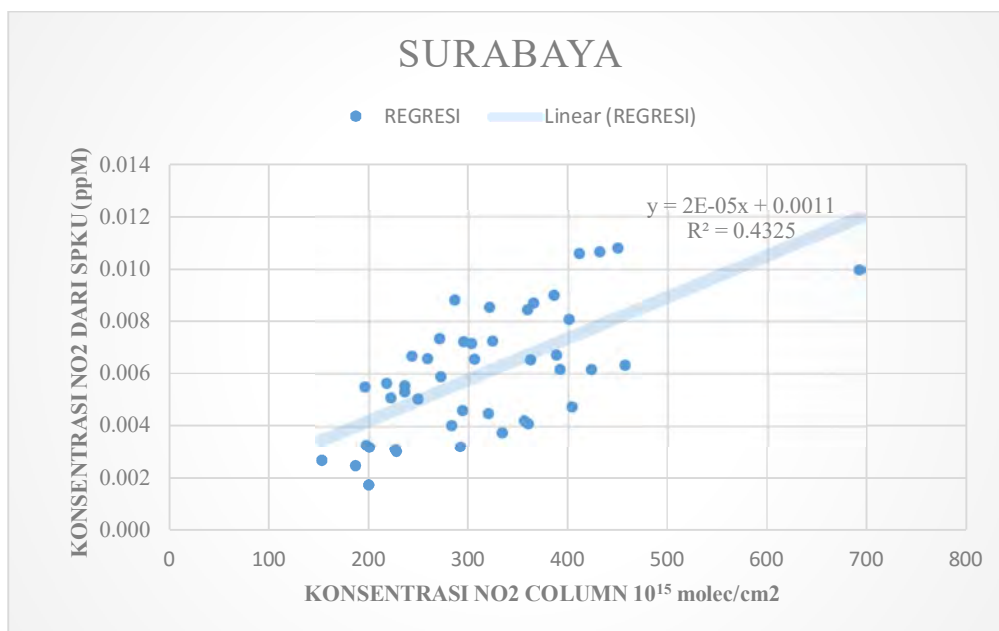
Periode	Pixel D		Pixel E		Pixel F		Pixel G		Pixel H	
	(DKI1 dan JAF4)		(DKI2)		(DKI3)		(DKI4)		(DKI5)	
	SPKU	Sattelite	SPKU	Sattelite	SPKU	Sattelite	SPKU	Sattelite	SPKU	Sattelite
		(pixel value)		(pixel value)		(pixel value)		(pixel value)		(pixel value)
2012										
JANUARY	0.01114	622	0.017488	469	0.006335	121	0.012068	324		

Periode	Pixel D		Pixel E		Pixel F		Pixel G		Pixel H	
	(DKI1 dan JAF4)		(DKI2)		(DKI3)		(DKI4)		(DKI5)	
	SPKU	Sattelite (pixel value)	SPKU	Sattelite (pixel value)	SPKU	Sattelite (pixel value)	SPKU	Sattelite (pixel value)	SPKU	Sattelite (pixel value)
FEBRUARY	0.010789	622	0.021493	464	0.011329	570	0.020046	624		
MARCH	0.012063	279	0.017312	334	0.007159	313	0.013898	354		
APRIL	0.02474	464	0.021796	393	0.014211	380	0.018541	389		
MAY	0.026144	501	0.020971	508	0.014887	495	0.019589	509		
JUNE	0.025772	705	0.019583	502	0.016062	547	0.018796	516		
JULY	0.029008	798	0.02496	679	0.015185	603	0.020179	603		
AUGUST	0.024006	689	0.018264	437	0.012435	625	0.01603	465		
SEPTEMBER	0.027306	628	0.020668	689	0.014089	636	0.021689	626		
OCTOBER	0.026607	621	0.022189	483	0.012946	692	0.018312	522		
NOVEMBER	0.034741	354	0.029375	251	0.013031	439	0.022163	211		
DECEMBER	0.019285	288	0.020413	457	0.008877	234	0.015318	214		
2013										
JANUARY	0.020696	266	0.017788	412	0.009023	259	0.012815	430	0.011941	230
FEBRUARY	0.025087	429	0.021284	533	0.009504	427	0.015249	498	0.014139	430
MARCH	0.027074	405	0.022892	403	0.011009	354	0.01539	373	0.015903	360
APRIL	0.024911	489	0.020265	564	0.012566	666	0.014601	430	0.01731	352
MAY	0.029307	873	0.022436	782	0.012082	404	0.01693	566	0.018998	594
JUNE	0.027453	505	0.021681	441	0.013076	324	0.016434	397	0.017709	436
JULY	0.029067	403	0.020992	395	0.011103	496	0.016927	307	0.020677	368
AUGUST	0.023283	473	0.01687	398	0.011086	857	0.013862	452	0.015877	432
SEPTEMBER	0.030377	757	0.022546	694	0.011865	461	0.015413	703	0.016646	587
OCTOBER	0.031898	531	0.026587	512	0.010057	387	0.014801	501	0.017786	344
NOVEMBER	0.027641	590	0.027715	547	0.008705	167	0.012805	431	0.016774	460
DECEMBER	0.024232	386	0.024143	434			0.011074	246	0.011414	393
2014										
JANUARY	0.017734	311	0.020539	283	0.005473	255	0.008998	255	-	-
FEBRUARY	0.022112	243	0.025774	250	0.008629	293	0.011639	420	-	-
MARCH	0.025932	695	0.0286	718	0.013002	812	0.019792	790	-	-
APRIL	0.018262	436	0.022826	486	0.008994	297	0.013582	265	-	-
MAY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JULY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AUGUST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCTOBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOVEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DECEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Hasil Perhitungan Keterangan: (-) Terjadi error

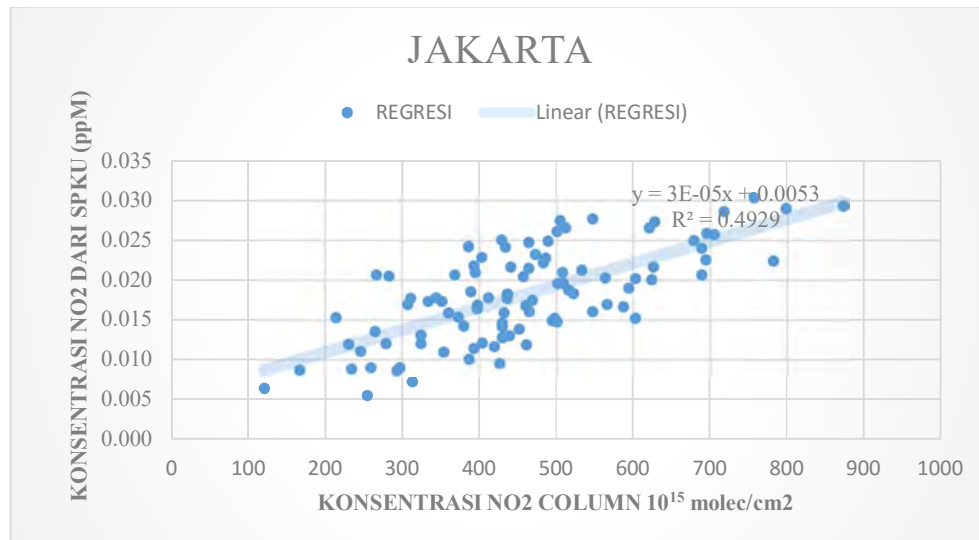
Setelah itu dilakukan analisa menggunakan model regresi dan tujuan dilakukan analisa menggunakan model regresi adalah untuk mengetahui koefisien

determinasi (*R Square*) dan rumus regresinya. Kemudian dari rumus regresi, dilakukan validasi data. Pada Tabel 4.5, terdapat 148 pasang data nilai konsentrasi NO₂ dari Stasiun Pemantau kualitas udara maupun dari Satelit OMI yang akan diregresikan tiap kota. Kemudian data tersebut dijadikan model regresi dengan asumsi nilai 'x' data Konsentrasi NO₂ kolom (10¹⁵ mol/cm²) dari Satelite OMI dan nilai 'y' merupakan konsententrasi NO₂ dari Stasiun pemantau kualitas udara (ppm). Kemudian dianalisa korelasi Data NO₂ Hasil Pengukuran Di SPKU Dan Data Olahan Hasil Citra Satelit OMI kota Surabaya dengan menggunakan model regresi. Hasil analisa korelasi untuk kota Surabaya dapat dilihat pada **gambar 4.4** berikut.



Gambar 4.4 Korelasi Data NO₂ Hasil Pengukuran Di SPKU Dan Data Olahan Hasil Citra Satelit OMI kota Surabaya

Dari hasil analisis pada **Gambar 4.4**, bahwa analisa korelasi antara konsenstrasi NO₂ pada Stasiun pemantau terhadap nilai Konsentrasi NO₂ column pada satelit OMI kota Surabaya didapatkan hasil nilai determinasi *R square* (R^2) yang didapat sebesar 0,4325 dengan persamaan regresi $y = 2.10^{-5}x + 0.0011$. Nilai R^2 tersebut menjelaskan tingkat akurasion dari persamaan tersebut, Dengan demikian dapat tingkat keakurasion persamaan ini adalah 43%. Selanjutnya untuk hasil analisa korelasi antara konsenstrasi NO₂ pada Stasiun pemantau terhadap nilai Konsentrasi NO₂ column pada satelit OMI kota Jakarta dapat dilihat pada **gambar 4.5** berikut.



Gambar 4.5 Korelasi Data NO₂ Hasil Pengukuran Di SPKU Dan Data Olahan Hasil Citra Satelit OMI kota Jakarta

Dari hasil analisis pada **Gambar 4.5**, bahwa analisa korelasi antara konsentrasi NO₂ pada Stasiun pemantau terhadap nilai Konsentrasi NO₂ column pada satelit OMI kota Jakarta didapatkan hasil nilai determinasi *R square* (R^2) yang didapat sebesar 0,4929 dengan persamaan regresi $y = 3.10^{-5}x + 0.0053$. Nilai R^2 tersebut menjelaskan tingkat akurasion dari persamaan tersebut. Dengan demikian dapat tingkat keakurasion persamaan ini adalah 49%.. Setelah dilakukan model regresi lalu dilanjutkan dengan validasi data.

a. Validasi data

Data validasi merupakan 10% dari data yang dimiliki. Pemilihan data validasi merupakan pilihan secara random bebas. Data yang terpilih tersebut merupakan data yang tidak digunakan dalam regresi linear. Data validasi kemudian digunakan untuk memvalidasi persamaan linear dari hasil regresi. Berikut adalah hasil validasi persamaan regresi:.

Tabel 4.6 Hasil Validasi

Area Pixel	Lokasi	Periode	Konsentrasi NO2	Nilai Pixel	Validasi X
A	SUF3 dan SUF6	Feb-13	0.006186	392	0.00894
		Mar-14	0.01061	411	0.00932
B	SUF1, SUF4 dan SUF7	Sep-12	0.00718	303	0.00716
		Apr-14	0.022647	221	0.00552
		Jun-15	0.00842	245	0.006

Area Pixel	Lokasi	Periode	Konsentrasi NO ₂	Nilai Pixel	Validasi X
C	SUF3	Jul-12	0.00036	190	0.0049
D	DKI1 dan JAF4	Nov-12	0.034741	354	0.01592
		Mar-14	0.025932	695	0.02615
E	SUF5,SUF6	Sep-13	0.022546	694	0.02612
		Feb-14	0.025774	250	0.0128
F	DKI3	May-12	0.014887	495	0.02015
		May-13	0.012082	404	0.01742
		Mar-14	0.008629	293	0.01409
G	DKI4	Jul-12	0.020179	603	0.02339
		Jun-13	0.016434	397	0.01721
H	DKI5	Sep-13	0.016646	587	0.02291

Sumber : Hasil Perhitungan

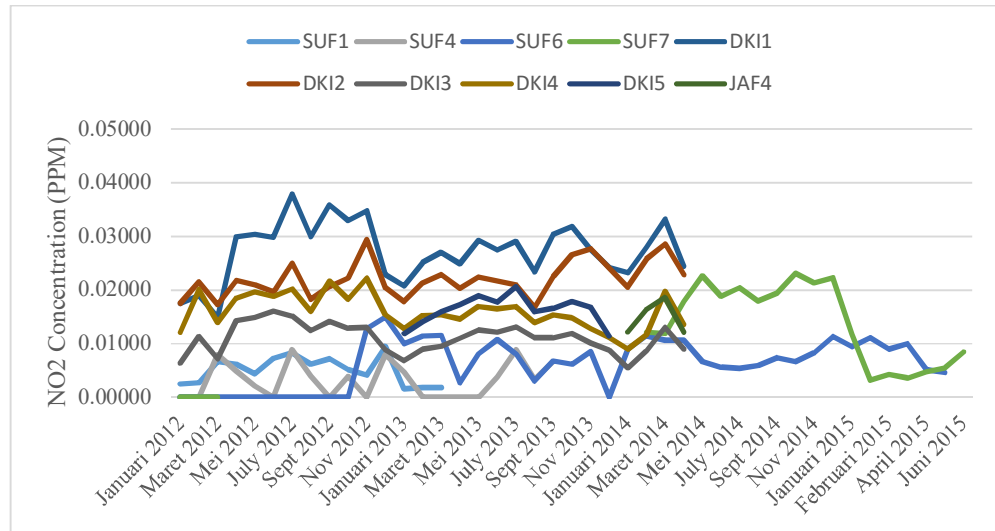
Setelah dilakukan regresi validasi data, dari hasil persamaan tersebut dapat diketahui bahwa tingkat keakurasian yang tergolong rendah hanya sebesar 49% untuk Jakarta dan 43% untuk Surabaya. Hal ini menunjukkan hubungan yang lemah antara pengukuran NO₂ di SPKU dengan pengukuran NO₂ dari citra satelit. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan pada parameter koefisien disperse, arah dan kecepatan angin sebaran gas NO₂ (Hoesodo, 2004) antara Stasiun pemantau dan Satelit OMI. Hal ini juga dipengaruhi perbedaan Standar deviasi vertical dan horizontal yang menyebabkan jarak tempuh polutan gas NO₂ yang berjalan dari sumbernya searah dengan arah angin. Selain itu, penyebaran gas NO₂ yang berasal dari emisi juga dipengaruhi oleh kondisi stabilitas atmosfer. Radiasi matahari yang cukup tinggi di siang hari pada permukaan bumi mengakibatkan lapisan udara memanaskan. Lapisan udara yang lebih hangat massa jenisnya lebih kecil dibandingkan dengan lapisan udara di atasnya yang temperaturnya lebih rendah. Sehingga pada hal ini dapat menyebabkan pergerakan udara secara vertical.

4.2.2 Analisa Pengaruh Perubahan Musim Terhadap Pola Konsentrasi NO₂

4.2.2.1 Uji Anova Pada Stasiun Pemantau Kualitas udara

Analisa Pengaruh Perubahan Musim NO₂ terhadap Konsentrasi dilakukan uji anova dalam 1 tahun. Untuk musim hujan diasumsikan November sampai April dan musim kemarau diasumsikan Mei Sampai Oktober Untuk membandingkan data musim hujan dan musim kemarau maka dilakukan uji Anova. Untuk mengetahui pengaruh perubahan musim terhadap persebaran gas NO₂ dapat dilakukan dengan

melihat pola trendline konsentrasi NO₂ di setiap Stasiun Pemantau dalam periode waktu. Dari analisa ini akan diketahui pola gas NO₂ yang dihasilkan di sekitar area stasiun pemantau untuk setiap periodenya, untuk setiap periodenya dilakukan pengambilan data yang awal mulanya data harian menjadi data bulanan seperti yang dapat dilihat pada **gambar 4.6** berikut



Gambar 4.6 Grafik pola konsentrasi NO₂ SPKU(ppm)

Dapat dilihat dari Hasil Grafik pada **gambar 4.6** menunjukkan pola peningkatan maupun penurunan konsententrasi NO₂ di setiap stasiun pemantau udara kota Surabaya maupun Jakarta. Hampir semua stasiun pemantau udara menunjukkan pola konsententrasi pada titik tertinggi rata-rata pada bulan Juli hingga bulan Desember. Sedangkan pada bulan Januari hingga bulan Juni mengalami fluktuasi pola naik turun pada titik terendah. Setelah diketahui pola dari konsentrasi NO₂ selanjutnya dilakukan uji anova. Berikut ada contoh Hasil dari uji Anova untuk stasiun SUF1 yang dapat ditunjukkan pada **Table 4.7** berikut.

Tabel 4.7 Uji Anova Pada Stasiun SUF1

Tahun	SUF1			
	Musim Kemarau		Musim Hujan	
2012	Mei	0.00434	0.00411	November
	Juni	0.00724	0.00954	Desember
	Juli	0.00825	0.00248	Januari
	Agustus	0.00615	0.00268	Februari
	September	0.00718	0.00656	Maret

Tahun	SUF1			
	Musim Kemarau		Musim Hujan	
	Oktober	0.00513	0.00613	April
2013	Mei			November
	Juni			Desember
	Juli		0.00159	Januari
	Agustus		0.00183	Februari
	September		0.00177	Maret
	Oktober			April

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	6	0.038289328	0.006382	2.12546E-06
Column 2	9	0.036682999	0.004076	7.66229E-06

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1.91E-05	1	1.91E-05	3.459033591	0.08568	4.667193
Within Groups	7.19E-05	13	5.53E-06			
Total	9.11E-05	14				

Sumber : hasil Analisa

Dapat diketahui bahwa nilai P-value pada stasiun pemantau SUF1 lebih besar daripada alpha yaitu $0.08568 > 0,05$, sehingga dapat diketahui bahwa perubahan musim tidak berpengaruh pada konsentrasi NO₂. Selanjutnya Rekapitulasi dari Hasil Uji Anova Untuk Stasiun Pemantau Kualitas udara di wilayah Kota Surabaya dan Jakarta dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Hasil Uji Anova untuk stasiun pemantau kualitas udara di wilayah kota Surabaya dan jakarta

Stasiun Pantau	α	P value	Status
SUF1	0.05	0.085679906	Tidak berpengaruh
SUF3	0.05	0.377904782	Tidak berpengaruh
SUF4	0.05	0.053744248	Tidak berpengaruh
SUF6	0.05	7.57456E-05	Berpengaruh

Stasiun Pantau	α	<i>P value</i>	Status
SUF7	0.05	0.124901909	Tidak berpengaruh
DKI1	0.05	0.003278688	Berpengaruh
DKI2	0.05	0.441294195	Tidak berpengaruh
DKI3	0.05	0.000187977	Berpengaruh
DKI4	0.05	0.044058059	Berpengaruh
DKI5	0.05	0.015097201	Berpengaruh
JAF4	0.05	0.009463428	Berpengaruh

Sumber : hasil Analisa

Dari hasil uji anova dapat diketahui bahwa ada 5 stasiun yang berpengaruh dalam uji anova dan 6 stasiun diantaranya tidak berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh musim tidak signifikan terhadap perubahan pola konsentrasi NO₂. Hal ini terlihat dari hasil uji anova yang menunjukkan tidak adanya pengaruh musim pada 6 SPKU. Terjadinya ketidak signifikanan pengaruh musim diakibatkan dari ketidak stabilan NO₂ di atmosfer. Hal ini disebabkan karena adanya proses terbentuknya NO₂ di atmosfer paling utama yaitu dari proses oksidasi NO_x terutama NO bereaksi dengan O₃. Proses pembentukan NO₂ tersebut berlangsung cepat dalam hitungan jam, namun proses pemisahan NO₂ Menjadi O₃ dengan proses fotokimia juga berlangsung cepat. Selain itu proses tersebut NO₂ juga dapat beroksidasi dengan OH radikal sehingga terbentuk HNO₃.(Lovblad, 1997)

Hasil dari nilai rata-rata stasiun pemantau kualitas udara pada tabel 4.9 dapat menunjukkan bahwa hasil yang lebih dominan adalah pada musim kemarau. Hal ini juga menunjukkan bahwa NO₂ di udara memang tidak stabil. Hal ini berupa

Tabel 4.9 Rata-rata nilai stasiun pemantau kualitas udara

Stasiun Pantau	2012		2013		2014		2015	
	Kemarau	Hujan	Kemarau	Hujan	Kemarau	Hujan	Kemarau	Hujan
SUF1	0.00638	0.00525		0.00173				
SUF3		0.04387	0.00002	0.00157				
SUF4	0.00376	0.01058	0.00561					
SUF6		0.01384	0.00715	0.00881	0.00624	0.01021	0.00486	0.00995
SUF7					0.02017	0.01642	0.00689	0.00394
DKI1	0.03282	0.02314	0.028546	0.024924		0.02717		
DKI2	0.02109	0.02130	0.021838	0.022333		0.024419		
DKI3	0.01426	0.01015	0.011955	0.009191		0.009019		
DKI4	0.01909	0.01699	0.01572	0.01365		0.013494		
DKI5			0.01794	0.01457		0.014828		
JAF4	0.0201	0.0104						

Sumber : Hasil Analisa

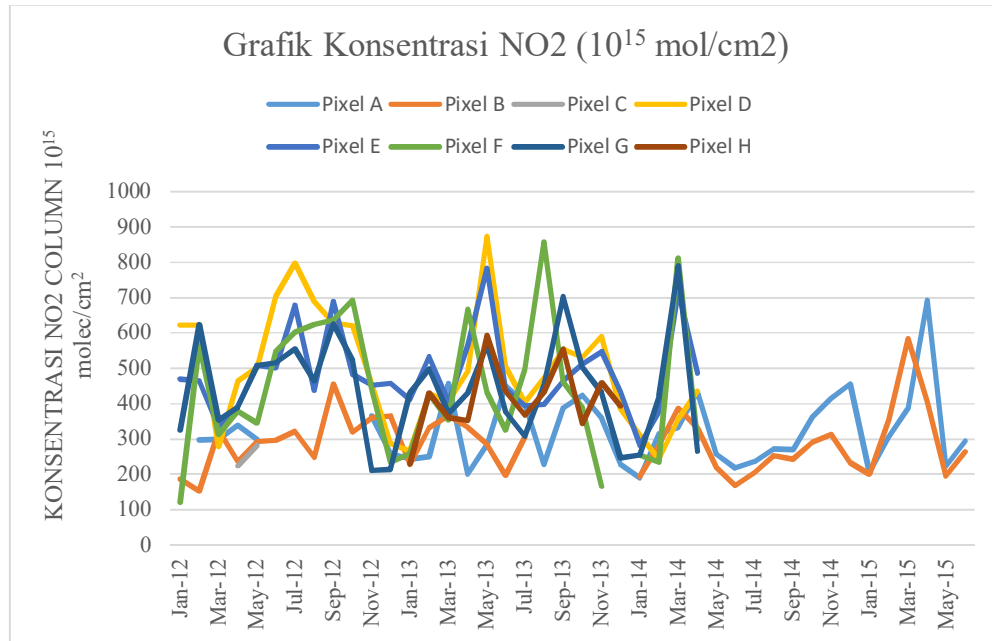
kondisi dimana NO_2 lebih tinggi dimusim kemarau dikarenakan tingginya intensitas cahaya matahari sehingga meningkatkan proses fotokimia terhadap NO_2

yang lebih besar dibandingkan proses oksidasi NO_2 oleh OH radikal. Proses fotokimia pemisahan NO_2 menjadi O_3 berlangsung cukup cepat (Boersma, 2009). Proses fotokimia NO_2 di atmosfer menghasilkan O_3 yang akan terus berikatan kembali dengan NO membentuk NO_2 sehingga siklus pembentukan NO_2 terus

berlangsung dan kadar NO di dalam emisi NO_x akan lebih besar sehingga NO akan terus berikatan dengan O_3 bebas di atmosfer., sedangkan proses oksidasi NO_2 oleh OH sendiri menghasilkan HNO_3 yang memutus siklus pembentukan NO_2 itu sendiri. Jadi ketika proses fotokimia NO_2 menjadi O_3 lebih besar dibandingkan proses oksidasi NO_2 oleh OH radikal mengakibatkan siklus pembentukan NO_2 terus berlangsung sehingga konsentrasi NO_2 akan tetap meningkat.

4.2.2.2 Uji Anova Pada Konsentrasi NO_2 Satelit OMI

Untuk mengetahui pengaruh perubahan musim terhadap persebaran gas NO_2 dapat dilakukan dengan melihat pola trendline konsentrasi NO_2 di setiap pixel dari hasil citra satelit OMI dalam periode waktu. Dari analisa ini akan diketahui pola gas NO_2 yang dihasilkan dari hasil citra satelit untuk setiap periodenya, trendline dari konsentrasi NO_2 dari hasil satelit OMI, berikut adalah Grafik kolom NO_2 dalam satuan (10^{15} mol/cm^2) dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Grafik Pola nilai Konsentrasi NO₂ Kolom (10¹⁵ mol/cm²)

Pada Gambar 4.7, terjadi peningkatan dan penurunan nilai NO₂ secara fluktuatif setiap tahunnya. Pada tahun 2012, menunjukkan peningkatan nilai kolom NO₂ di titik tertinggi antara bulan Juli hingga Desember. Pada bulan Januari tahun 2013 terjadi penurunan nilai kolom NO₂ di semua titik pixel dan menunjukkan peningkatan nilai kolom pada titik tertinggi di bulan Juli hingga Desember. Pada Tahun 2014, terjadi peningkatan secara drastis di bulan Februari, dan penurunan secara drastis Maret hingga Mei.

Berikut adalah contoh dari Uji Anova pada Satelit OMI yang didasarkan per pixel pada **Tabel 4.10** berikut.

Tabel 4.10 Hasil Uji Anova pada Satelit OMI Pixel A

Tahun	PIXEL A			
2012	Musim Kemarau		Musim Penghujan	
	May	436	366	November
	June		259	December
	July			January
	August		298	February
	September		300	March
	October		338	April

2013	May	283	359	November
	June	450	227	December
	July	401	243	January
	August	228	392	February
	September	388	457	March
	October	423	200	April
2014	May	259	413	November
	June	218	455	December
	July	236	191	January
	August	272	314	February
	September	271	411	March
	October	362	432	April
2015	May	222		November
	June	294		December
	July		206	January
	August		306	February
	September		386	March
	October		692	April

Sumber : hasil Analisa

Anova: Single Factor

PIXEL A

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
		474		
Musim Kemarau	20	3	237.15	24980.
		724		
Musim Hujan	22	5	329.3	18204.

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	88994.9629	9	88994.9629	4.15415255	0.04818228	4.084
Within Groups	856925.322	7	21423.1330	6	8	7
Total	945920.285	7	41			

Sumber : hasil Analisa

Dapat diketahui bahwa nilai P-value pada stasiun pemantau Pixel A lebih besar daripada alpha yaitu $0.048 > 0,05$, sehingga dapat diketahui bahwa perubahan musim tidak berpengaruh pada konsentrasi NO₂. Selanjutnya Rekapitulasi dari Hasil Uji Anova Untuk Satelit OMI di wilayah Kota Surabaya dan Jakarta dapat dilihat pada **Tabel 4.11**

Tabel 4.11 Hasil Uji Anova Konsentrasi NO₂ Stasiun OMI

pixel	α	<i>P value</i>	Status
A	0.05	0.048182288	Berpengaruh
B	0.05	0.111974441	Tidak Berpengaruh
C	0.05	0.328942838	Tidak Berpengaruh
D	0.05	0.337522928	Tidak Berpengaruh
E	0.05	0.038322958	Berpengaruh
F	0.05	0.016120616	Berpengaruh
G	0.05	0.025093633	Berpengaruh
H	0.05	0.63513873	Tidak Berpengaruh

Sumber : Hasil Analisa

Dari hasil uji anova dapat diketahui bahwa konsentrasi NO₂ kolom yang berpengaruh dalam uji anova ada 4 Pixel dan 4 diantaranya tidak berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh musim tidak signifikan terhadap perubahan nilai konsentrasi NO₂ kolom. Hal ini terlihat dari hasil uji anova yang menunjukkan tidak adanya pengaruh musim Terjadinya ketidak signifikanan pengaruh musim diakibatkan dari ketidak stabilan NO₂ di atmosfer. Hal ini juga disebabkan karena adanya proses terbentuknya NO₂ di atmosfer paling utama yaitu dari proses oksidasi NO_x terutama NO bereaksi dengan O₃.

Tabel 4.12 Rata-rata Konsentrasi NO₂ Stasiun OMI

PIX EL	2012		2013		2014		2015	
	Musim Kemarau	Musim PENGHujan	Musim Kemarau	Musim PENGHujan	Musim Kemarau	Musim PENGHujan	Musim Kemarau	Musim PENGHujan
A	436	312.2	362	313	270	369	258	398
B	297	271	263	309.75	230	271	221	386
C	236	225						

PIX EL	2012		2013		2014		2015	
	Musim Kemarau	Musim Penghujan	Musim Kemarau	Musim Penghujan	Musim Kemarau	Musim Penghujan	Musim Kemarau	Musim Penghujan
D	657	488	559	400		421		
E	550	395	537	482		434		
F	600	343	488	375		414		
G	540	353	488	401		433		
H			460	371				

Sumber : hasil Analisa

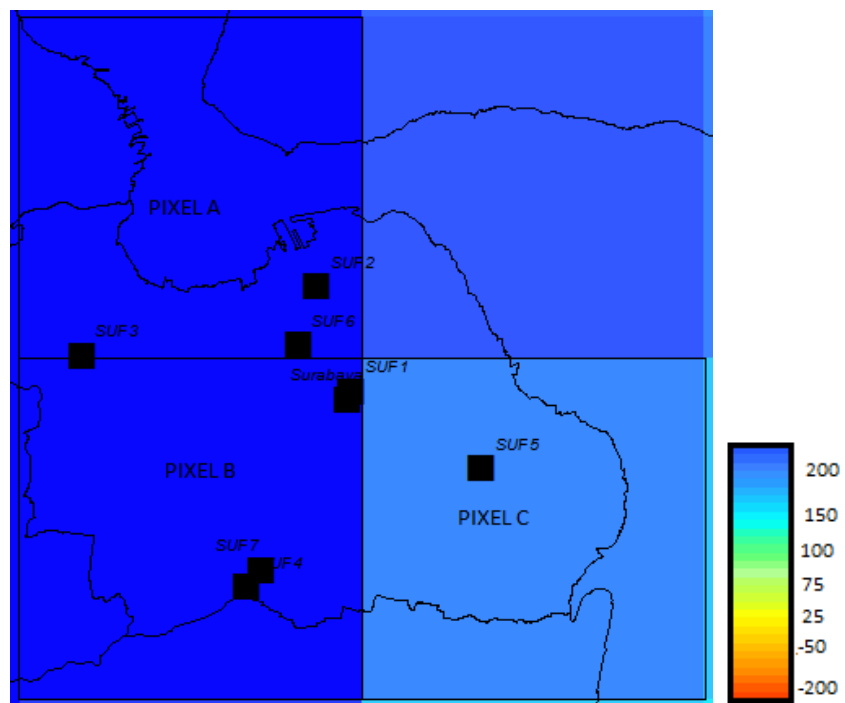
Hasil dari nilai rata-rata Konsentrasi NO₂ Stasiun OMI dapat menunjukkan bahwa hasil yang lebih dominan adalah pada musim kemarau, dan ada beberapa yang dominan musim hujan. Hal ini juga menunjukkan bahwa NO₂ di udara memang tidak stabil. Hal ini berupa kondisi dimana NO₂ lebih tinggi dimusim kemarau dikarenakan tingginya intensitas cahaya matahari sehingga meningkatkan proses fotokimia terhadap NO₂ yang lebih besar dibandingkan proses oksidasi NO₂ oleh OH radikal.

4.2.3 Analisa Pengaruh Perubahan Fungsi Lahan Terhadap Persebaran gas NO₂

Pengaruh Perubahan fungsi lahan terutama RTH (ruang terbuka hijau) diakibatkan oleh meningkatnya pembangunan fisik pada daerah perkotaan, pertumbuhan penduduk dan berbagai aktifitas kota lainnya mengakibatkan berkurangnya daerah RTH di daerah perkotaan. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan hidup di daerah tersebut. Perubahan fungsi lahan terutama RTH (ruang terbuka hijau) yang akan dianalisa adalah adanya rasio perubahan pada luasan lahan terbuka dibanding dengan nilai total kolom dari konsentrasi NO₂. Untuk dapat menemukan perubahan fungsi lahan, maka dilakukan digitasi dengan bantuan google earth dan bantuan citra satelit OMI yang diolah dengan menggunakan program arcgis untuk dapat mengetahui perubahan fungsi lahan yang terjadi di wilayah kota Surabaya dan Jakarta. Berikut adalah hasil digitasi pada kota Surabaya pada tahun 2012 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 berikut ini.

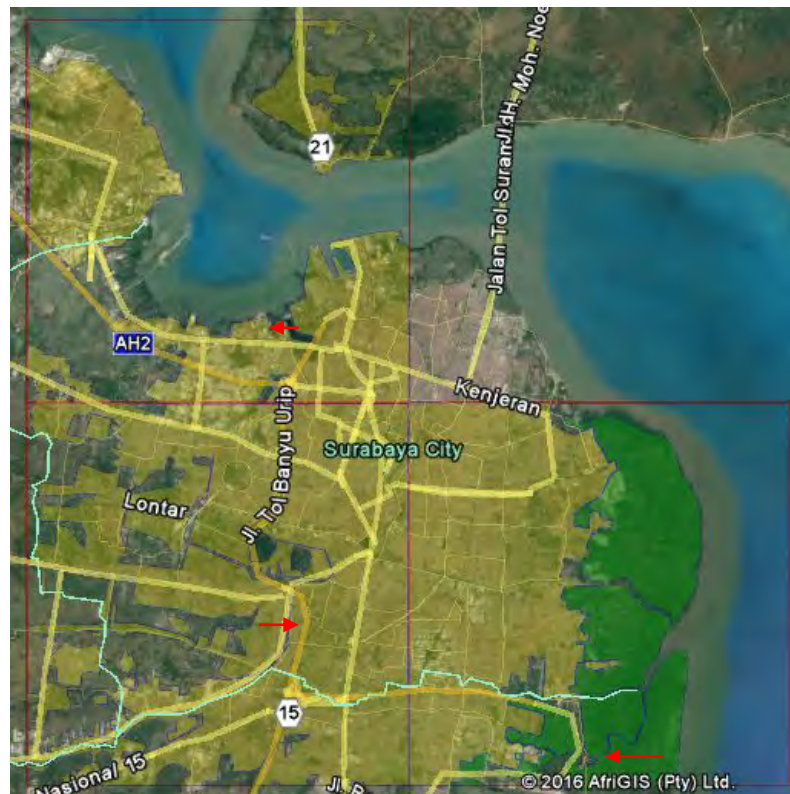


Gambar 4.8 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2012 Pada Kota Surabaya

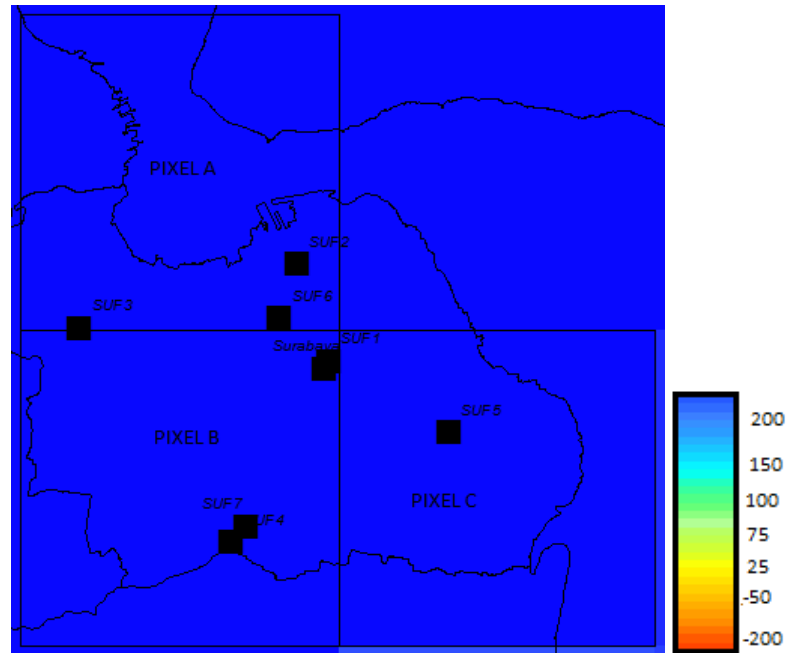


Gambar 4.9 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2012 Pada Kota Surabaya

Pada tahun 2012 di wilayah pixel A memiliki luasan RTH sebesar 36.67 km² dan 87.05 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 334 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel B memiliki luasan RTH sebesar 48.14 km² dan 143.13 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 275 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel C memiliki luasan RTH sebesar 74.58 km² dan 77.42 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 153 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.10 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pixel A masih tersisa RTH sebesar 19% dengan luas area laut sebesar 35%, sedangkan pada Pixel B wilayah RTH tersisa 25%, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan, dan pada Pixel C masih tersisa cukup banyak RTH sebesar 39% yang ada di wilayah timur bagian kota Surabaya dengan luas area laut sebesar 20% . Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Surabaya pada tahun 2013 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.10 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2013 Pada Kota Surabaya



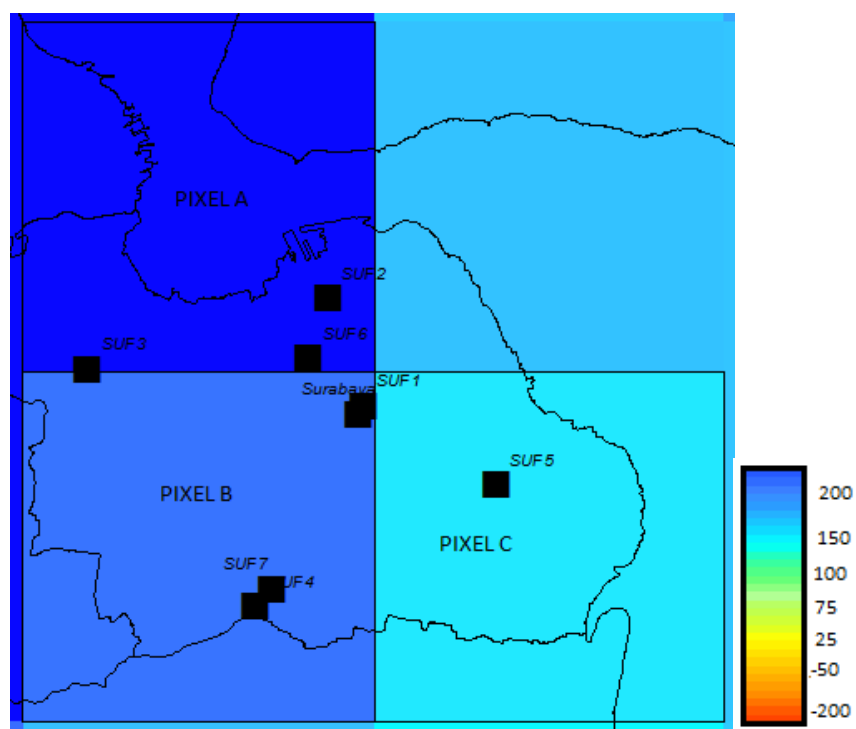
Gambar 4.11 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2013 Pada Kota Surabaya

Pada tahun 2013 di wilayah pixel A memiliki luasan RTH sebesar 36.27 km² dan 87.45 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 450 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel B memiliki luasan RTH sebesar 48.06 km² dan 143.21 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 334 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel C memiliki luasan RTH sebesar 74.48 km² dan 77.52 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 223 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pengurangan wilayah RTH dilihat pada panah berwarna merah, untuk pixel A masih tersisa RTH sebesar 18.9% dengan luas area laut sebesar 35% , sedangkan pada Pixel B wilayah RTH tersisa 24.89%, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan, dan pada Pixel C masih tersisa cukup banyak RTH sebesar 38.81% yang ada di wilayah timur bagian kota Surabaya dengan luas area laut sebesar 20% .

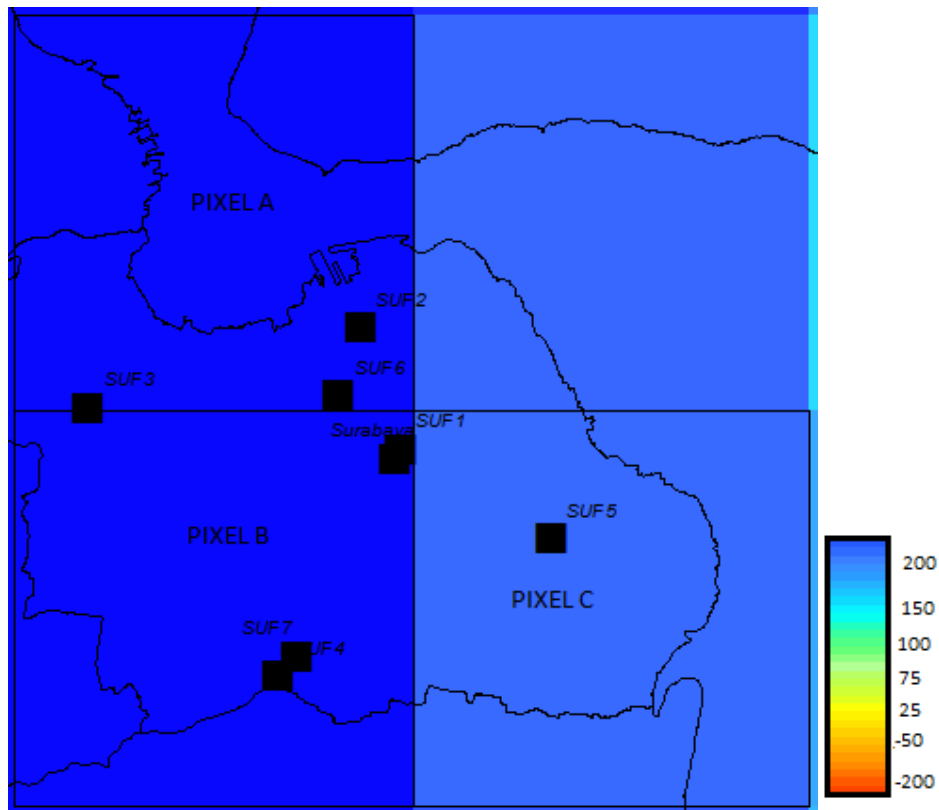
Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Surabaya pada tahun 2014 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.12 dan gambar 4.13 berikut ini.



Gambar 4.12 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2014 Pada Kota Surabaya



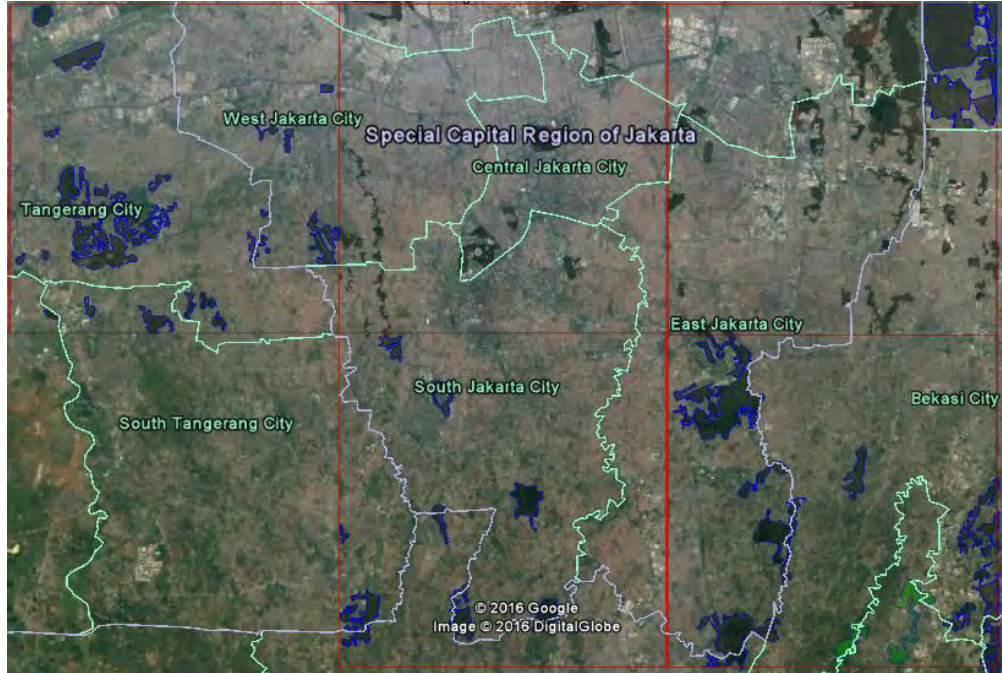
Gambar 4.13 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2014 Pada Kota Surabaya



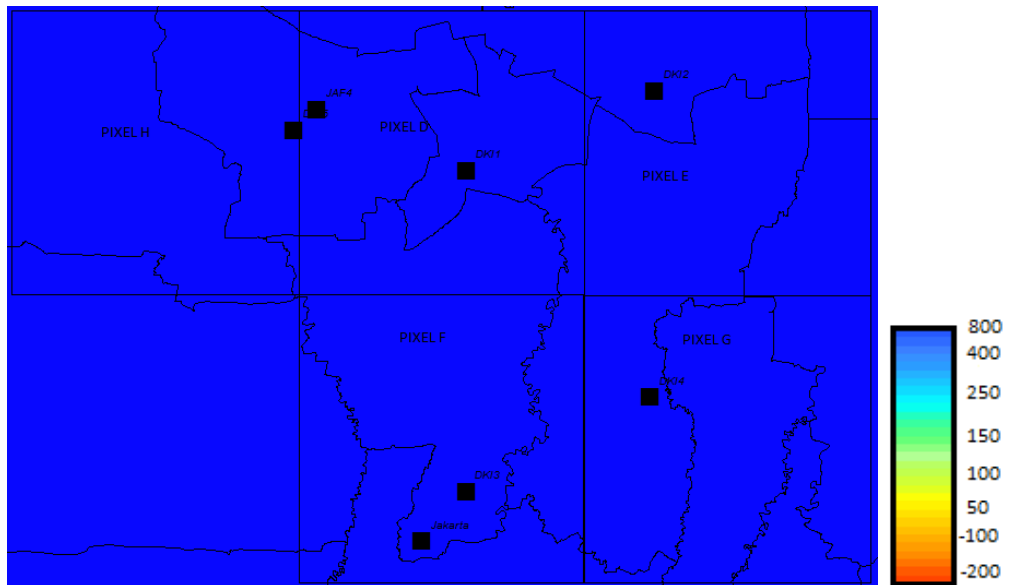
Gambar 4.15 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2015 Pada Kota Surabaya

Pada tahun 2015 di wilayah pixel A memiliki luasan RTH sebesar 35.27 km² dan 88.45 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 294 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel B memiliki luasan RTH sebesar 47.06 km² dan 144.21 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 245 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel C memiliki luasan RTH sebesar 73.14 km² dan 78.86 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 165 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pengurangan wilayah RTH dilihat pada panah berwarna merah, untuk pixel A masih tersisa RTH sebesar 18.6% dengan luas area laut sebesar 35% , sedangkan pada Pixel B wilayah RTH tersisa 24.68%, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan, dan pada Pixel C masih tersisa cukup banyak RTH sebesar 38.60% yang ada di wilayah timur bagian kota Surabaya dengan luas area laut sebesar 20% .

Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Jakarta pada tahun 2012 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.16 dan gambar 4.17 berikut ini.



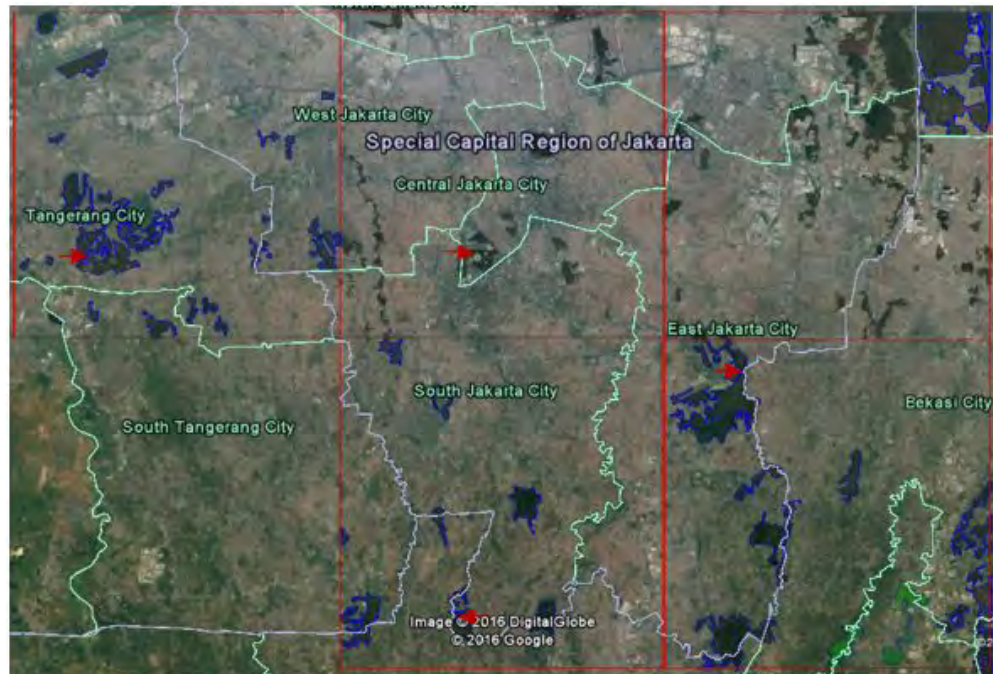
Gambar 4.16 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2012 Pada Kota Jakarta



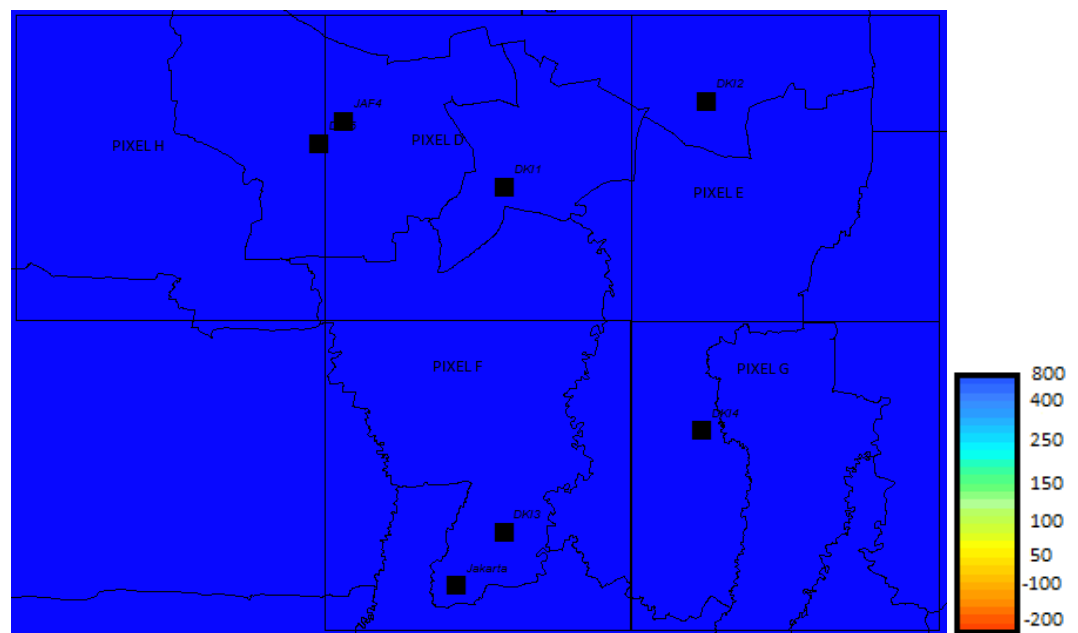
Gambar 4.17 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2012 Pada Kota Jakarta

Pada tahun 2012 di wilayah pixel D memiliki luasan RTH sebesar 6.76 km² dan 181.56 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 655 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel E memiliki luasan RTH sebesar 32.10 km² dan 158.05 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 421 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel F memiliki luasan RTH sebesar 21.11 km² dan 168.93 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 547 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel G memiliki luasan RTH sebesar 20.06 km² dan 170.93 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 516 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel H memiliki luasan RTH sebesar 38.20 km² dan 150.99 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 584 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pixel D masih tersisa sedikit wilayah RTH sebesar 3.5% yang berada di tengah kota Jakarta sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel E wilayah RTH tersisa sebesar 16.8% yang terletak di utara kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel F wilayah RTH tersisa 11.11% yang berada di Selatan Kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pixel G Wilayah RTH yang tersisa sebesar 10.50% yang terletak di selatan kota Jakarta Timur dan pada Pixel H tersisa RTH sebesar 20.19 % yang ada di wilayah Barat kota Jakarta.

Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Jakarta pada tahun 2013 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19 berikut ini.



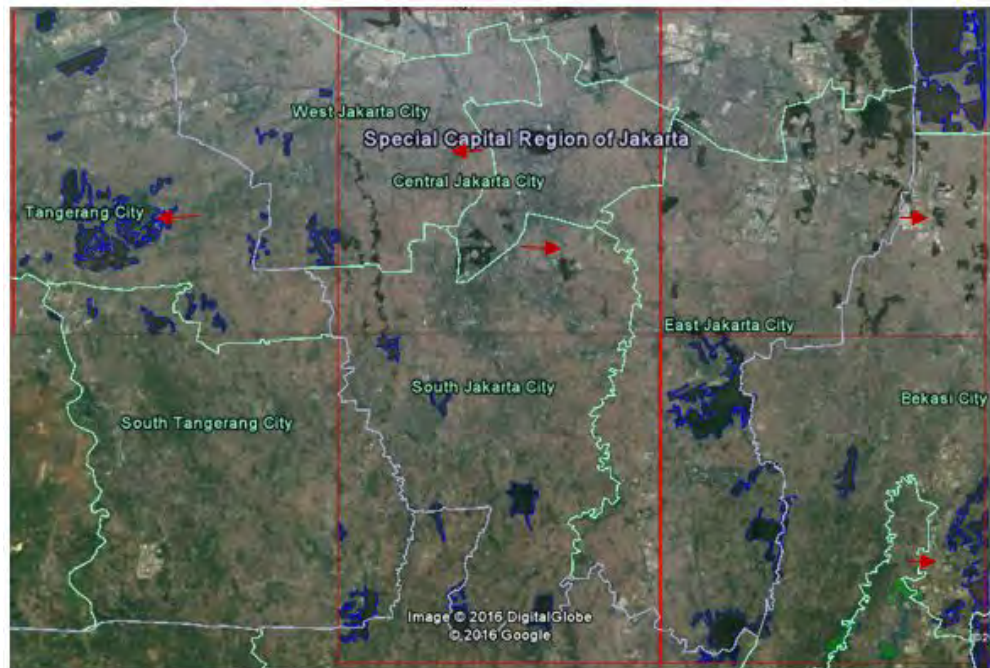
Gambar 4.18 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2013 Pada Kota Jakarta



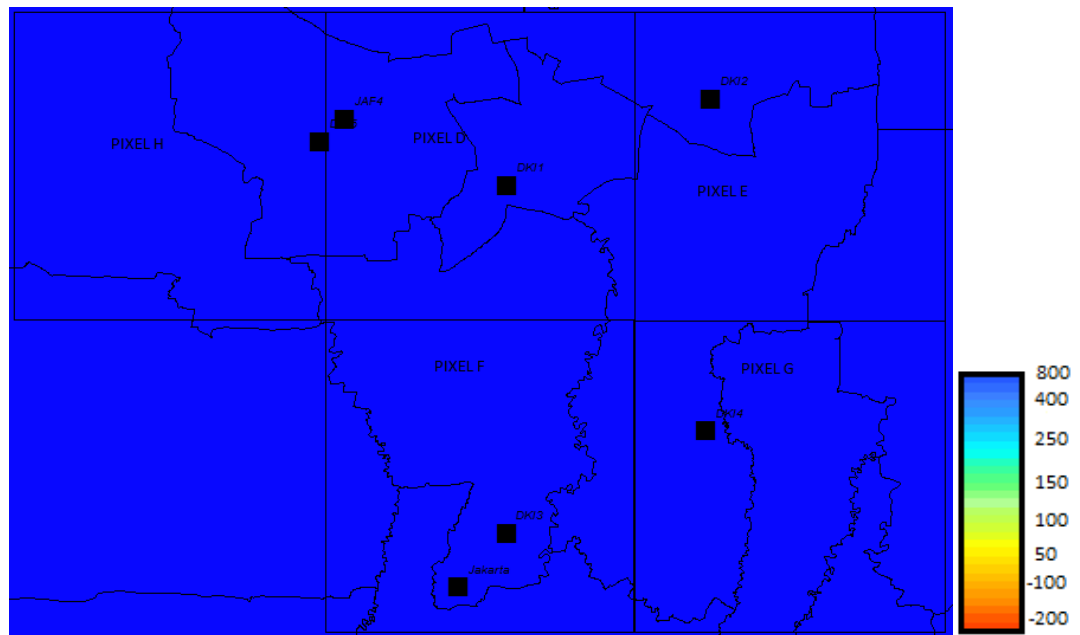
Gambar 4.19 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2013 Pada Kota Jakarta

Pada tahun 2013 di wilayah pixel D memiliki luasan RTH sebesar 6.71 km² dan 181.61 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 503 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel E memiliki luasan RTH sebesar 32.10 km² dan 158.05 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 441 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel F memiliki luasan RTH sebesar 20.98 km² dan 169.06 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 375 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel G memiliki luasan RTH sebesar 19.74 km² dan 171.25 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 397 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel H memiliki luasan RTH sebesar 37.70 km² dan 151.49 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 436 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pengurangan wilayah RTH dilihat pada panah berwarna merah, untuk pixel D masih tersisa sedikit wilayah RTH sebesar 3.4% yang berada di tengah kota Jakarta sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel E wilayah RTH tersisa sebesar 16.8% yang terletak di utara kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel F wilayah RTH tersisa 11.04% yang berada di Selatan Kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pixel G Wilayah RTH yang tersisa sebesar 10.33% yang terletak di selatan kota Jakarta Timur dan pada Pixel H tersisa RTH sebesar 19.93 % yang ada di wilayah Barat kota Jakarta.

Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Jakarta pada tahun 2014 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.20 dan gambar 4.21 berikut ini.



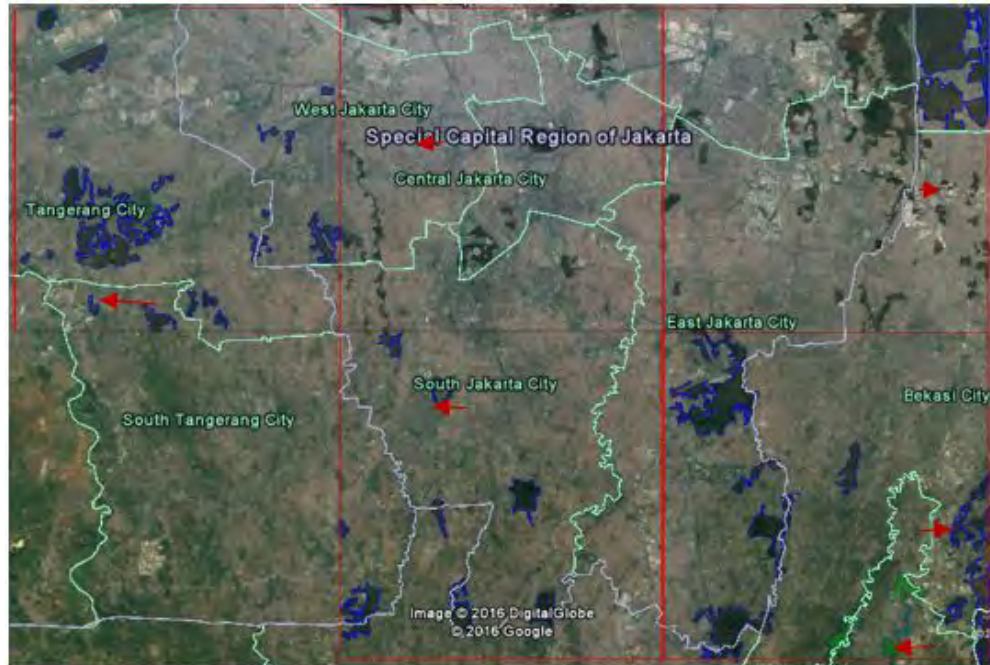
Gambar 4.20 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2014 Pada Kota Jakarta



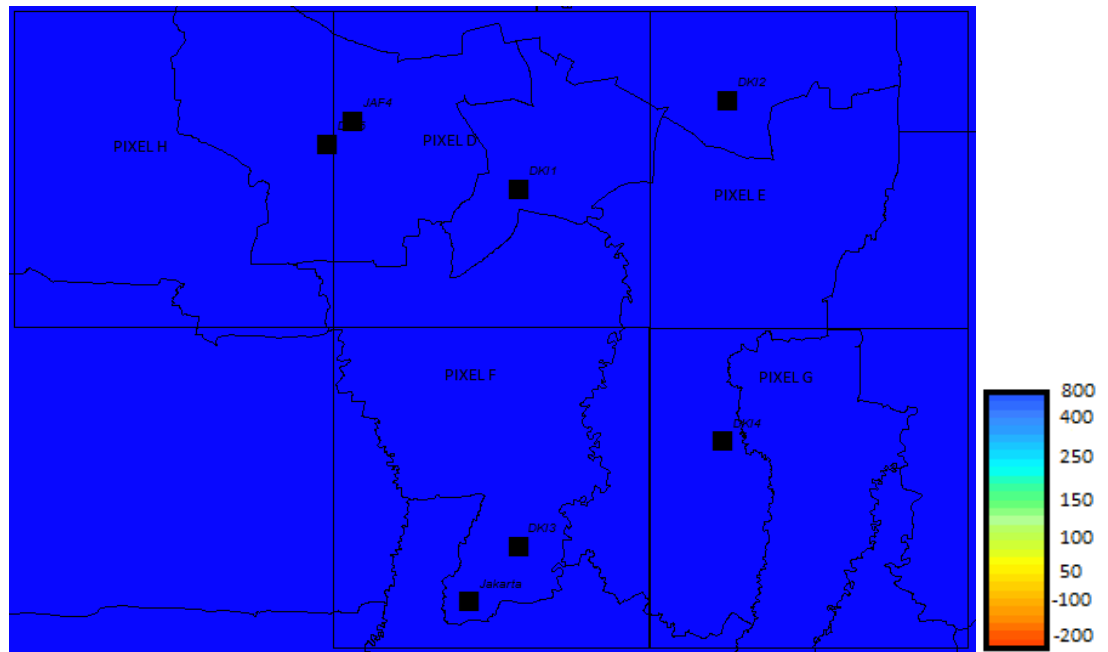
Gambar 4.21 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2014 Pada Kota Jakarta

Pada tahun 2014 di wilayah pixel D memiliki luasan RTH sebesar 6.66 km² dan 181.66 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 464 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel E memiliki luasan RTH sebesar 31.54 km² dan 158.61 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 439 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel F memiliki luasan RTH sebesar 20.98 km² dan 169.06 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 494 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel G memiliki luasan RTH sebesar 19.41 km² dan 171.58 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 489 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel H memiliki luasan RTH sebesar 37.20 km² dan 151.99 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 577 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pengurangan wilayah RTH dilihat pada panah berwarna merah, untuk pixel D masih tersisa sedikit wilayah RTH sebesar 3.4% yang berada di tengah kota Jakarta sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel E wilayah RTH tersisa sebesar 16.59% yang terletak di utara kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel F wilayah RTH tersisa 11.04% yang berada di Selatan Kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pixel G Wilayah RTH yang tersisa sebesar 10.16% yang terletak di selatan kota Jakarta Timur dan pada Pixel H tersisa RTH sebesar 19.66 % yang ada di wilayah Barat kota Jakarta.

Selanjutnya adalah hasil digitasi pada kota Jakarta pada tahun 2015 dengan bantuan google earth dan citra satelit OMI yang dapat dilihat pada gambar 4.22 dan gambar 4.23 berikut ini.



Gambar 4.22 Digitasi Perubahan fungsi lahan Tahun 2015 Pada Kota Jakarta



Gambar 4.23 Perubahan fungsi lahan dengan Citra Satelit OMI Tahun 2015 Pada Kota Jakarta

Pada tahun 2015 di wilayah pixel D memiliki luasan RTH sebesar 6.61 km² dan 181.71 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 575 (10¹⁵ molec/cm²). Sedangkan untuk wilayah pixel E memiliki luasan RTH sebesar 31.50 km² dan 158.65 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 489 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel F memiliki luasan RTH sebesar 20.95 km² dan 169.09 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 560 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel G memiliki luasan RTH sebesar 19.09 km² dan 171.90 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 514 (10¹⁵ molec/cm²). Untuk wilayah pixel H memiliki luasan RTH sebesar 36.70 km² dan 152.49 km² untuk wilayah yang terbangun oleh bangunan, dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 544 (10¹⁵ molec/cm²). Pada gambar 4.11 dan gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada pengurangan wilayah RTH dilihat pada panah berwarna merah, untuk pixel D masih tersisa sedikit wilayah RTH sebesar 3.4% yang berada di tengah kota Jakarta sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel E wilayah RTH tersisa sebesar 16.57% yang terletak di utara kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pada Pixel F wilayah RTH tersisa 11.02% yang berada di Selatan Kota Jakarta, sedangkan sisanya sudah tertutup oleh bangunan. Pixel G Wilayah RTH yang tersisa sebesar 10% yang terletak di selatan kota Jakarta Timur dan pada Pixel H tersisa RTH sebesar 19.4 % yang ada di wilayah Barat kota Jakarta.

Dari analisa tersebut dapat diketahui hasil rekapitulasi perubahan fungsi lahan secara time-series dari tahun 2012 sampai tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.13 Hasil rekapitulasi perubahan fungsi lahan dari tahun 2012-2015

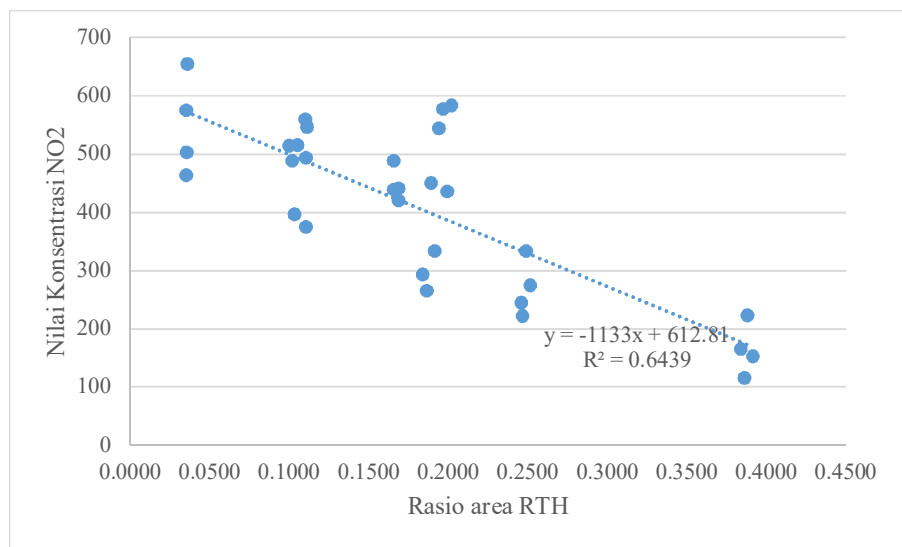
Area	Waktu (tahun)	Luas area RTH (Km ²)	Luas Pixel (Km ²)	Rasio	Konsentrasi NO ₂
Pixel A	Juni-2012	36.67	191.72	0.1913	334
	Juni-2013	36.27	191.72	0.1892	450
	Juni-2014	35.77	191.72	0.1866	266

Area	Waktu (tahun)	Luas area RTH (Km ²)	Luas Pixel (Km ²)	Rasio	Konsentrasi NO ₂
	Juni-2015	35.27	191.72	0.1840	294
Pixel B	Juni-2012	48.14	191.27	0.2517	275
	Juni-2013	47.60	191.27	0.2489	334
	Juni-2014	47.20	191.27	0.2468	222
	Juni-2015	47.06	191.27	0.2460	245
Pixel C	Juni-2012	74.58	190.60	0.3913	153
	Juni-2013	73.98	190.60	0.3881	223
	Juni-2014	73.58	190.60	0.3860	116
	Juni-2015	73.14	190.60	0.3837	165
Pixel D	Juni-2012	6.76	188.32	0.0359	655
	Juni-2013	6.71	188.32	0.0356	503
	Juni-2014	6.66	188.32	0.0354	464
	Juni-2015	6.61	188.32	0.0351	575
Pixel E	Juni-2012	32.10	190.15	0.1688	421
	Juni-2013	32.10	190.15	0.1688	441
	Juni-2014	31.54	190.15	0.1659	439
	Juni-2015	31.50	190.15	0.1657	489
PIXEL F	Juni-2012	21.11	190.04	0.1111	547
	Juni-2013	20.98	190.04	0.1104	375
	Juni-2014	20.98	190.04	0.1104	494
	Juni-2015	20.95	190.04	0.1102	560
PIXEL G	Juni-2012	20.06	190.99	0.1050	516
	Juni-2013	19.74	190.99	0.1033	397
	Juni-2014	19.41	190.99	0.1016	489
	Juni-2015	19.09	190.99	0.1000	514
PIXEL H	Juni-2012	38.20	189.19	0.2019	584
	Juni-2013	37.70	189.19	0.1993	436
	Juni-2014	37.20	189.19	0.1966	577

Area	Waktu (tahun)	Luas area RTH (Km ²)	Luas Pixel (Km ²)	Rasio	Konsentrasi NO ₂
	Juni-2015	36.70	189.19	0.1940	544

Sumber : Hasil Analisa

Dari hasil analisa dapat diketahui grafik rasio pengaruh perubahan fungsi lahan terhadap RTH dapat dilihat pada gambar 4.24 berupa grafik sebagai berikut.



Gambar 4.24 Grafik Rasio perubahan fungsi lahan

Hasil dari gambar 4.24, dapat diketahui bahwa hubungan antara nilai konsentrasi NO₂ dengan rasio area RTH, apabila semakin besar rasio area RTH maka semakin Kecil Nilai Konsentrasi NO₂ kolom. Hal ini dibuktikan dengan terjadi penurunan trendline dari nilai total kolom NO₂ terhadap rasio area RTH dengan persamaan $y = -1133x + 612.81$ dengan nilai $R^2 = 0.6439$

Dari analisa perubahan fungsi lahan terhadap persebaran gas NO₂, dapat diketahui bahwa pada tahun 2012-2015 terjadi perubahan fungsi lahan pada wilayah Jakarta dan Surabaya, tetapi tidak terlalu signifikan, sehingga nilai konsentrasi NO₂ dapat diminimalisir dengan memperluas lahan RTH dengan bantuan tanaman yang dapat menyerap gas polutan NO₂. Proses penyerapan gas oleh tanaman terjadi terutama pada daun. Daun tersusun secara anatomis atas sel-sel antara lain sel-sel epidermis pada permukaan atas dan bawah daun. Pada permukaan daun terdapat banyak stomata (12 sampai 281 stomata per mm²).

Sebagian besar pertukaran gas di dalam daun terjadi melalui stomata (Gardner *et al*, 1991). Kemampuan tanaman dalam penyerapan gas dari udara terutama dapat diketahui dari proses-proses yang terjadi pada tanaman, diantaranya fotosintesa, respirasi dan transpirasi. Pengukuran serapan polutan gas NO₂ pada tanaman tipe pohon, semak dan penutup tanah, menunjukkan tanaman memiliki daya serap yang tinggi (Nasrullah *et al*, 2000). Tanaman yang memiliki daya serapan tinggi disarankan mengisi lanskap yang ditujukan mengurangi polusi udara, khususnya NO₂.

Perluasan area RTH di daerah perkotaan memiliki banyak kendala karena terbatasnya lahan, maka untuk efisiensi perluasan area RTH Green Spaces Rooftop cocok untuk daerah perkantoran khususnya di kota Jakarta dan Surabaya. Untuk RTH ini dipilih Jenis tanaman semak yang memiliki daya serap gas NO₂ tinggi dan cocok untuk di Green Spaces Rooftop antara lain *Jacobinia Carnea* (lollipop merah), *Malpighi sp*(Kihujan), *Alcalypha Wikesiana*(alkalipa merah).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Analisa korelasi linear antara data konsentrasi NO₂ SPKU dan Konsentrasi NO₂ kolom satelit OMI di Jakarta dan Surabaya. Hasil dari persamaan linear menunjukkan kemampuan dari variabel bebas dalam menjelaskan varians dalam variabel terikat hanya sebesar 49% untuk Kota Jakarta dan 43% untuk Kota Surabaya. Hal ini menunjukkan hubungan yang lemah antara pengukuran NO₂ di SPKU dengan pengukuran NO₂ dari citra satelit.
2. Analisa Pengaruh Perubahan Musim dan lahan Terhadap Pola Gas NO₂, dapat diketahui pada musim kemarau bahwa pada musim kemarau nilai konsentrasi NO₂ lebih mudah bereaksi berdasarkan hasil dari satelit OMI dan dari Stasiun Pemantau Kualitas udara, tetapi tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai konsentrasi NO₂.
3. Pengaruh Perubahan fungsi lahan terhadap persebaran gas NO₂, dapat diketahui bahwa pada tahun 2012-2015 terjadi perubahan fungsi lahan pada wilayah Jakarta dan Surabaya, tetapi tidak terlalu signifikan, sehingga nilai konsentrasi NO₂ dapat diminimalisir dengan memperluas lahan RTH dengan bantuan tanaman yang dapat menyerap gas polutan NO₂.

5.2 SARAN

Dari hasil analisa walaupun hasil korelasi dari persamaan linear antara konsentrasi NO₂ di stasiun pemantau dan nilai konsentrasi NO₂ pada satelit OMI tergolong rendah didapatkan nilai determinasi *R square* (R^2) sebesar 0.4325 untuk kota Surabaya, dari persamaan $y = 2.10^{-5}x + 0.0011$ dan nilai determinasi *R square* (R^2) sebesar 0.4929 untuk kota Jakarta, dari persamaan $y = 3.10^{-5}x +$

0.0053, Sehingga diberikan beberapa saran yang nantinya dapat digunakan untuk mempermudah melakukan analisa ini pada penelitian selanjutnya.

1. Penambahan faktor pendukung dan parameter pengukuran berupa arah dan kecepatan angin, dan juga data sekunder yang mendukung lainnya, sehingga nantinya pada penelitian selanjutnya didapatkan korelasi lebih yang akurat.
2. Pengambilan data secara harian untuk setiap nilai konsentrasi NO₂ agar tingkat akurasi antar korelasi persamaan dapat hasil yang tinggi.
3. Dipilih Jenis tanaman semak yang memiliki daya serap gas NO₂ tinggi dan cocok untuk di Green Spaces Rooftop antara lain *Jacobinia Carnea* (lollipop merah), *Malpighi sp*(Kihujan), *Alcalypha Wikesiana*(alkalipa merah).

DAFTAR PUSTAKA

- Akimoto H .2003.“Global air quality and pollution”. Science 302(5651): 1716–1719. doi:10.1126/science.1092666
- Barman, S. C., Kumar, N., Kisku, G.C., Khan, A. H., Kidwai, M.M., Murthy, R. C., Negi, M. P. S., Pandey, P., Verma, A. K., Jain, G., dan Bhargava, S. K. 2010. “Assessment of Urban Air Pollution and It’s Probable Health Impact”. Journal of Environtmental Biology, 31, 913-920.
- Brimblecombe, P. 1986. “Air Composition and Chemistry”. Cambridge University Press. Cambridge.
- Boersma KF, Eskes HJ, Brinksma EJ .2004.“Error analysis for tropospheric NO₂ retrieval from space”. J Geophys Res 109(D4). doi: 10.1029/2003JD003962
- BoersmaKF,EskesHJ,DirksenRJetal.2011. “Animprovedtropospheric NO₂ columnretrieval algorithm forthe Ozone MonitoringInstrument”. Atmos Meas Tech 4:1905–1928. doi:10.5194/amt-4-19052011
- Colls, J. 2002. “Air Pollution”. Spon Press. London.
- Cooper, C. D., dan Alley, F. C. 1994. “Air Pollution Control 2nd Edition”. Waveland Press Inc. USA.
- Cooper, C. D., dan Alley, F. C. 2002. “Air Pollution Control 3rd Edition”. Waveland Press Inc. USA.
- Curlander, J., Kober, W., 1992. “Rule based system for thematic classification in SAR imagery”. Proc. IGARSS. IEEE Press, New York, pp. 854-856.
- Departemen Kesehatan. 2008. “Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan”. Jakarta
- Gurjar, B. R., Nagpure, A. S., Kumar, P., dan Sahni, N. 2010. “Pollutant Emissions from Road Vehicles in Mega-City Kolkata, India: Past and Present Trends”. Indian Journal of Air Pollution Control, 10, 18-30.
- Hiller A. 2007. “ArcGis 9.3 Manual”. SelectedWorks.University of Pennsyvania.
- Hyung J.L, Petors K. 2014. “Daily Ambien NO₂ Concentration Predictions Using Satellite Ozone Monitoring Instrument NO₂ Data and Land Use Regression”. dx.doi.org/10/1021/es404845f. Environ, Science.

- J.P. Veefkind, J.F de Haan, E.J. Brinksma, M.Kroon, and P.F.Levelt. 2006. "Total ozone from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) using the DOAS technique". IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 44, no.5, pp. 1239-1244.
- Kurniawan, D., 2008. Regresi Linier (Linear Regression).R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- R.I Levin, D.S Rubin. 1998. " Statistics for Management". Statistic Books. Prentice Hall.
- Nagpure, A.S., dan Gurjar, B. R. 2014. "Urban Traffic and Associated Environmental Impacts in India". Novel Combustion Concepts for Sustainable Energy Development, 405-414. Springer India.
- Nana, B., Sanogo, O., Savadogo, P. W., Daho, T., Bouda, M., dan Koulidiati, J. 2012. "Air Quality Study in Urban Centers: Case Study of Ouagadougou, Burkina Faso". FUTY Journal of the Enviromnent, 7, 1597-8826.
- Nevers, N. D. 2000. "Air Pollution Control Engineering 2nd Edition". McGraw-Hill Internasional. Singapore.
- Pemerintah RI. 1999. "Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara". Jakarta.
- Petersen, W. B. 1978. "A Gaussian-Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources". Environmental Science Research Laboratory Office of Research and Development. North Carolina
- Pieterneel F.L, et al .2006. " The Ozone Monitoring Instrument". IEEE Trans. Geosci. Remote sens, Vol. 44, No. 5.
- Sari, N. K., Harsa, H., and Boedisantoso, R. 2015. Penentuan Korelasi Curah Hujan, Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungan dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya. Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 1, (2015) ISSN: 2337-3539
- Schoeberl, M.R., et al. 2006. " Overview of the EOS Aura Mission, IEEE Trans, Geosci, Remote Sens., 44(5), 1066-1074.
- Seinfeld, J. H. 1986. "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution". Wiley. The University of Michigan.

- Sutanto dan Iryani A. 2011. "Hujan Asam dan Perubahan Kadar Nitrat dan Sulfat dalam Air Sumur di Wilayah Industri Cibinong-Citeureup Bogor". *Jurnal Teknologi Pengolahan Limbah*, 14, 1-9.
- Tjasjono, B. 1999. "Klimatologi Umum". ITB. Bandung.
- Wang, G., Bai, S., Ogden, J. M. 2009. "Identifying Contributions of On-road Motor Vehicles to Urban Air Pollution Using Travel Demand Model Data". *Transportation Research Part D*, 14, 168-179.
- Wark, K., dan Warner, C. F. 1981. "Air Pollution: Its Origin and Control". Harper and Row. The University of Michigan.
- Zhou, M., He, G., Liu, Y., Yin, P., Li, Y., Kan, H., Fan, M., Xue, A., dan Fan, M. 2015. "The Association Between Ambient Air Pollution and Adult Respiratory Mortality in 32 Major Chinese Cities, 2006-2010". *Environmental Research*, 137, 278-286.
- Zhang Q, Streets DG, Carmichael GR et al .2009."Asian emissions in 2006for the NASAINTEX-Bmission".*AtmosChemPhys* 9:5131– 5153. doi:10.5194/acp-9-5131-2009

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Trio Bagoes Darmawan. Penulis dilahirkan di Situbondo, Jawa Timur pada tanggal 15 Oktober 1990, yang merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di kemudian melanjutkan di SD Dr.Sutomo V Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 6 Surabaya dan diteruskan di SMA Negeri 15 Surabaya. Pendidikan Menengah atas diselesaikan penulis selama 3 tahun. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2008. Pada bulan Maret 2013, penulis dapat menyelesaikan program sarjananya di Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada bulan Maret 2014 penulis diterima pada program master Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Saat ini Penulis bekerja di perusahaan Jasa Konstruksi. Jika ingin berkonsultasi lebih lanjut dengan penulis mengenai Tesis ini dapat melalui email penulis, kadaljawa@gmail.com.